



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ &  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΕ ΑΓΟΡΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΓΓΕΛΗ Ν. ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ

**Επιβλέπων:** Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Υπεύθυνος:** Παναγιώτης Ευδώνας

Αθήνα, Μάρτιος 2017





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ &  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΕ ΑΓΟΡΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΓΓΕΛΗ Ν. ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ

**Επιβλέπων:** Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 23η Μαρτίου 2017.

-----  
Ψαρράς Ι.  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

-----  
Ασκούνης Δ.  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

-----  
Δούκας Χ.  
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

-----  
Αγγελή Ν. Σπυριδούλα

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών

Copyright © ΑΓΓΕΛΗ Ν. ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ, 2017. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση ότι αναφέρεται η πηγή προέλευσης και ότι διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ι. Ψαρρά για την ανάθεση αυτής και την ευκαιρία που μου έδωσε ώστε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Φυσικά, οφείλω να δώσω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον υπεύθυνο της διπλωματικής μου Δρ. Παναγιώτη Ξυδώνα για την διαρκή καθοδήγησή του. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Δ. Ασκούνη και τον επίκουρο καθηγητή Χ. Δούκα για τη συμμετοχή τους στην επιτροπή εξέτασης της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, δεν θα γινόταν να μην εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, η οποία με στήριξε απεριόριστα καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει την σημασία των τρόπων διαχείρισης κινδύνου στις αγορές ενέργειας. Συγκεκριμένα, η σημασία αυτή γίνεται κατανοητή από τον αναγνώστη, μέσα από τις πρακτικές εφαρμογές των χρηματοοικονομικών παραγώγων ενέργειας που περιγράφονται αναλυτικά στην πτυχιακή. Ο τομέας της ενέργειας χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό αβεβαιότητας όσον αφορά τις τιμές και τις ποσότητες των προϊόντων της. Συνεπώς, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η μελέτη των τρόπων αντιστάθμισης των κινδύνων αυτών σε έναν τομέα που είναι υψίστης σημασίας για την διαβίωση των ανθρώπων σε όλον τον κόσμο. Η έρευνα που διεξάγεται σε αυτήν την διατριβή είναι προσανατολισμένη, έτσι ώστε να μπορέσουμε να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον ενεργειακό τομέα δύνανται να διαχειρίζονται τους κινδύνους και να επιλέγουν αντισταθμίσεις, οι οποίες είτε θα τους αποφέρουν επιπλέον κέρδος, είτε θα τους αποτρέψουν από το ανεπιθύμητο ενδεχόμενο μεγάλης ζημίας. Τέλος, επιπλέον στόχος μας είναι η κατανόηση από τον αναγνώστη των απαραίτητων συνθηκών που πρέπει να επικρατούν, έτσι ώστε τα ενεργειακά παράγωγα να μπορούν να είναι όντως αποτελεσματικά μέσα αντιστάθμισης.

## ABSTRACT

The purpose of the present diploma thesis is the introduction of the significance of the risk management ways in energy markets. To be more precise, the reader can understand this importance through the detailed description of the use of the energy derivatives in specific test cases. The energy sector involves high extent of uncertainty, as far as the prices and the quantities of the energy products are concerned. Therefore, it is quite interesting for the reader to study and learn about these risk management ways of a sector that it is of paramount importance for the living of people all over the world. This research is oriented for us to understand the ways that the energy companies use, in order to manage these risks and have either much more profit or eliminate the possibility of a great loss. Lastly, another target of this diploma thesis is to help the reader to understand the necessary conditions for the energy derivatives to be efficient as ways of managing energy risk.





## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Εισαγωγή .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Το αντικείμενο και ο στόχος της διπλωματικής.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Δομή Διπλωματικής.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Βιβλιογραφία .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Κεφάλαιο 2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Το πρόβλημα .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Παράγωγα στην απελευθερωμένη αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Κίνδυνοι στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (Futures) στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Δικαιώματα Προαίρεσης (Options) στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.1 Ενεργειακά δικαιώματα αγοράς (call) και πώλησης (put)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Προθεσμιακά Συμβόλαια (Forwards) στην αγορά του Ηλεκτρισμού .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6 Συμβάσεις ανταλλαγής (swaps) στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7 Η αγορά πετρελαίου και φυσικού αερίου.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.1 Κίνδυνοι στην αγορά Πετρελαίου .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.2 Κίνδυνοι στην αγορά φυσικού αερίου .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.3 Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (Futures) στην αγορά Πετρελαίου & Φυσικού Αερίου.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8 Παράγωγα καιρού .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Βιβλιογραφία .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Κεφάλαιο 3.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Στρατηγικές διαχείρισης παράγωγων προϊόντων....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.1 Στρατηγικές που αφορούν μια μετοχή και ένα δικαίωμα προαίρεσης επί αυτής της μετοχής .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Στρατηγικές που αφορούν δικαιώματα προαίρεσης ίδιου τύπου επί της ίδιας μετοχής .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.1 Bull Spread (Ανοδικό Άνοιγμα) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.2 Bear Spread (Καθοδικό Άνοιγμα) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.3 Butterfly Spread .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Στρατηγικές που αφορούν δικαιώματα αγοράς και πώλησης ταυτόχρονα επί της ίδιας μετοχής .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.1 Straddle .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.2 Strip and Strap .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.3 Strangles .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Βιβλιογραφία .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Κεφάλαιο 4.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Ποσοτικά μοντέλα τιμολόγησης παράγωγων προϊόντων	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1 Αξιολόγηση δικαιωμάτων προαίρεσης με τη χρήση του μοντέλου Black & Scholes .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1 Ιδιότητες του μοντέλου Black & Scholes.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2 Τα ελληνικά γράμματα και το μοντέλο Black & Scholes	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3 Το διωνυμικό μοντέλο .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4 Ισοτιμία δικαιωμάτων Πώλησης - Αγοράς (Put – Call Parity)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Βιβλιογραφία .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Κεφάλαιο 5.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Προϊοντική ανάλυση ενεργειακών παραγώγων .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Ανάλυση παράγωγων συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Οι αγορές διαπραγμάτευσης παράγωγων συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

5.3 Τύποι παράγωγων συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4 Είδη συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.1 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης επί μετοχών (Stock Futures).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.2 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης επί χρηματιστηριακών δεικτών (Index Futures) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.3 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης επί επιτοκίων (Index Futures).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.4 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης επί συναλλάγματος	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5.1 Υποδείγματα αποτίμησης δικαιωμάτων προαίρεσης	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5.2 Είδη δικαιωμάτων προαίρεσης στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.6 Οι προθεσμιακές αγορές πετρελαίου.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Βιβλιογραφία .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Κεφάλαιο 6.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Μελέτες Περιπτώσεων .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1 Αντιστάθμιση με Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (ΣΜΕ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2 Αντιστάθμιση με Δικαιώματα Προαίρεσης σε ΣΜΕ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3 Πρακτική εφαρμογή αντιστάθμισης στην αγορά καυσίμων σε ναυτιλιακή εταιρεία .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4 Πρακτική εφαρμογή αντιστάθμισης στην αγορά φυσικού αερίου με χρήση δικαιωμάτων προαίρεσης .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Βιβλιογραφία .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Κεφάλαιο 7.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Συμπεράσματα .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1 Προοπτικές .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## Ευρετήριο Εκθεμάτων

### Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Σχήμα 1.1: Αγορές ηλεκτρισμού ανά τον κόσμο σελ. 18

Διάγραμμα 1.1: Χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου σελ. 20

### Κεφάλαιο 2 – Το πρόβλημα

Σχήμα 2.1: Τα τέσσερα είδη παράγωγων προϊόντων σελ. 25

Σχήμα 2.2: Ιστορικό ανάπτυξης νέων παράγωγων προϊόντων σελ. 26

Σχήμα 2.3: Όγκος συναλλαγών ενέργειας στις προ-ημερήσιες

περιφερειακές αγορές της ΕΕ	σελ. 27
Σχήμα 2.4: Γενική εποπτική λειτουργία των swaps	σελ. 32
Πίνακας 2.1: Οι αλλαγές στις τιμές των oil & gas futures	σελ. 33

### **Κεφάλαιο 3 – Στρατηγικές διαχείρισης παράγωγων προϊόντων**

Διάγραμμα 3.1.1: Κέρδος από την πώληση του δικαιώματος αγοράς της μετοχής	σελ. 38
Διάγραμμα 3.1.2: Κέρδος από την αγορά της μετοχής	σελ. 38
Διάγραμμα 3.1.3: Συνολικό κέρδος από τον συνδυασμό των δύο τοποθετήσεων	σελ. 38
Διάγραμμα 3.1.4: Κέρδος από την αγορά του δικαιώματος αγοράς της μετοχής	σελ. 39
Διάγραμμα 3.1.5: Κέρδος από την πώληση της μετοχής	σελ. 39
Διάγραμμα 3.1.6: Συνολικό κέρδος από τον συνδυασμό των δύο τοποθετήσεων	σελ. 39
Διάγραμμα 3.1.7: Κέρδος από την αγορά του δικαιώματος πώλησης της μετοχής	σελ. 40
Διάγραμμα 3.1.8: Κέρδος από την αγορά της μετοχής	σελ. 40
Διάγραμμα 3.1.9: Συνολικό κέρδος από τον συνδυασμό των δύο τοποθετήσεων	σελ. 40
Διάγραμμα 3.1.10: Κέρδος από την πώληση του δικαιώματος πώλησης της μετοχής	σελ. 41
Διάγραμμα 3.1.11: Κέρδος από την πώληση της μετοχής	σελ. 41
Διάγραμμα 3.1.12: Συνολικό κέρδος από τον συνδυασμό των	

δύο τοποθετήσεων	σελ. 41
Διάγραμμα 3.2.1: Bull Spread με τη χρήση δικαιωμάτων αγοράς	σελ. 42
Διάγραμμα 3.2.2: Bear Spread με τη χρήση δικαιωμάτων αγοράς	σελ. 43
Διάγραμμα 3.2.3: Butterfly Spread	σελ. 44
Διάγραμμα 3.3.1: Straddle	σελ. 45
Διάγραμμα 3.3.2: Strip	σελ. 46
Διάγραμμα 3.3.3: Strap	σελ. 46
Διάγραμμα 3.3.4: Strangle	σελ. 47

## **Κεφάλαιο 4 – Ποσοτικά μοντέλα τιμολόγησης παράγωγων προϊόντων**

Εικόνα 4.1: Ισοτιμία Put-Call	σελ. 65
Σχήμα 4.1: Η πορεία της μετοχής μέχρι τη λήξη του ΔΑ	σελ. 59
Πίνακας 4.1 Συνοπτική παρουσίαση παραδείγματος	σελ. 68

## **Κεφάλαιο 5 – Προϊοντική ανάλυση ενεργειακών παράγωγων**

Πίνακας 5.1: Ποσό Τελικού Διακανονισμού	σελ. 75
Πίνακας 5.2: Τελική Καθαρή Αξία	σελ. 76
Πίνακας 5.3: Σχέση μεταξύ τιμής Τελικού Διακανονισμού και Επιτοκίου	σελ. 78

## Κεφάλαιο 6 – Μελέτες περιπτώσεων

Πίνακας 6.1: Αντιστάθμιση ΣΜΕ σε εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας	σελ. 86
Πίνακας 6.2: Στοιχεία αντιστάθμισης ΣΜΕ στο διυλιστήριο	σελ. 92
Πίνακας 6.3: Στοιχεία αντιστάθμισης ΣΜΕ στη ναυτιλιακή εταιρεία	σελ. 93
Πίνακας 6.4: Μετρήσεις 15 μηνών για τον προσδιορισμό των δS (άξονας χ) και δF (άξονας y)	σελ. 95
Πίνακας 6.5: Αντιστάθμιση ΣΜΕ σε ναυτιλιακή εταιρεία	σελ. 97
Πίνακας 6.6: Στοιχεία αντιστάθμισης με δικαιώματα	σελ. 99







# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, τα παράγωγα χρηματοοικονομικά προϊόντα διαδραματίζουν καίριο ρόλο στις παγκόσμιες αγορές, καθώς προσφέρουν ασφάλεια στις επενδύσεις χαρτοφυλακίων, αντισταθμίζοντας τους κινδύνους που παρουσιάζονται και προσφέροντας αποδόσεις πολλαπλάσιες του αρχικού κεφαλαίου. Η σπουδαιότητα των παραγώγων δεν οφείλεται μόνο στο γεγονός ότι αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για τη διαχείριση κίνδυνου, αλλά και σε δύο σημαντικές τους ιδιότητες: **Binding** (Συνδέειν): Εναρμονίζουν τις μελλοντικές τιμές με τις σημερινές και **Blending** (Αναμιγνύειν): Έχουν την ιδιότητα να συνδυάζουν πολλά διακριτά περιουσιακά στοιχεία σε ένα αντίστοιχο σύνθετο. Εντούτοις, σε περιόδους οικονομικής κρίσης και αστάθειας της αγοράς, τα παράγωγα οδηγούν σε οικονομικές κερδοσκοπικές αποτυχίες ενίοτε, προκαλώντας αβεβαιότητα στους επενδυτές όσον αφορά τη χρήση τους. Έτσι, γίνονται συνεχείς προσπάθειες ενίσχυσης εποπτικών μηχανισμών, προκειμένου να υπάρχει πλήρης διαφάνεια στις συμβάσεις των παραγώγων χρηματοοικονομικών προϊόντων και να μειωθούν οι κίνδυνοι.

Ένας από τους τομείς στον οποίον τα χρηματοοικονομικά παράγωγα είναι αναντικατάστατα, είναι αυτός της ενέργειας, καθώς είναι απαραίτητα για την αντιστάθμιση του κινδύνου που σχετίζεται με την κάλυψη της ζήτησης στα ενεργειακά προϊόντα. Σχετίζονται είτε με την διακύμανση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας (electricity derivatives) και των καυσίμων (oil and natural gas derivatives), είτε με την μεταβολή των καιρικών συνθηκών (weather derivatives).

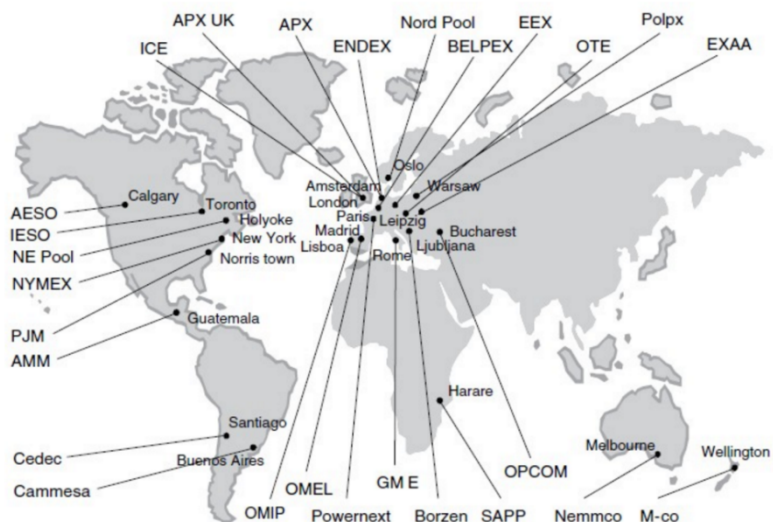
Η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια νέα αγορά και επηρεάζεται από φυσικούς παράγοντες οι οποίοι είναι:

- Οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Η χωρητικότητα των γραμμών μεταφοράς

- Τα καύσιμα (γαιάνθρακας, φυσικό αέριο, πετρέλαιο και λιγνίτης)
- Οι καιρικές συνθήκες

Τα χρηματοοικονομικά παράγωγα προσφέρουν στους επενδυτές περισσότερες ευκαιρίες για αντιστάθμιση εναντίον του ρίσκου των δυσμενών διακυμάνσεων των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, αυξάνουν τη ρευστότητα της αγοράς και παρέχουν ανταγωνιστικές τιμές για αγοραστικές συνδιαλλαγές.

Η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας δεν ήταν εξ αρχής απελευθερωμένη. Μέχρι και την δεκαετία του '80 θεωρούνταν ένα δημόσιο αγαθό, ένα φυσικό μονοπώλιο. Με την πάροδο του χρόνου, τέθηκε το ζήτημα μεταφοράς της από τον δημόσιο στον ιδιωτικό τομέα και μετά από λίγα χρόνια η βελτίωση της αγοράς ήταν εμφανής. Ο ανταγωνισμός άρχισε να αυξάνεται σημαντικά και η αγορά πλέον χαρακτηριζόταν από μεγάλη ελαστικότητα.



Σχήμα 1.1: Αγορές ηλεκτρισμού ανά τον κόσμο (Πηγή: Electricity as a commodity, Barouti & Honey)

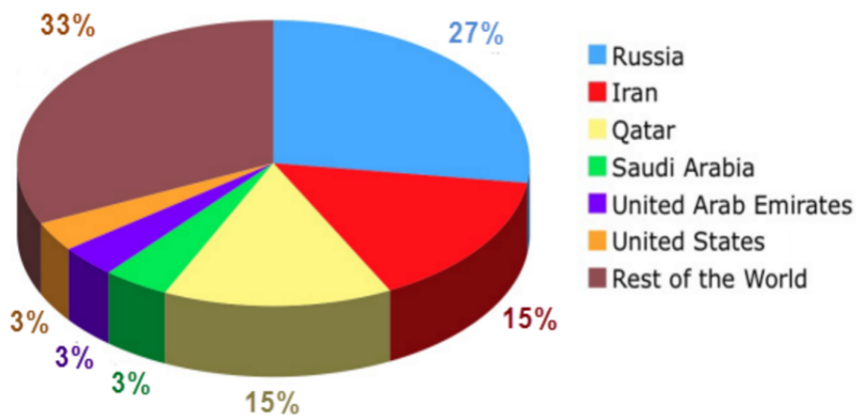
Η έννοια της απελευθερωμένης αγοράς στηρίζεται στον διαχωρισμό των ενεργειών που λαμβάνουν χώρα για την προσφορά της ηλεκτρικής ενέργειας και οι οποίες είναι: η παραγωγή, η μεταφορά και η διανομή. Ωστόσο, αυτό έχει ως άμεση συνέπεια, η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας να παρουσιάζει μεγάλη αστάθεια και μεταβλητότητα, καθιστώντας τα παράγωγα απαραίτητα για τις συναλλαγές και για την όσο το δυνατόν πιο ομαλή λειτουργία της. Φυσικά, όλα τα παραπάνω έχουν αντίκτυπο τόσο στην οικονομία της κάθε χώρας, όσο και στο βιοτικό επίπεδο του καταναλωτή.

Κατά αντίστοιχο τρόπο λειτουργεί και η αγορά του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, καθώς οι τιμές τους είναι δύσκολα προβλεπόμενες. Η αγορά πετρελαίου αποτελείται από δύο επιμέρους αγορές. Η μία είναι η αγορά αργού πετρελαίου από τις πετρελαϊκές εταιρίες και η άλλη αποτελείται από τις προθεσμιακές αγορές ενέργειας στη Νέα Υόρκη και στο Λονδίνο. Εξαιτίας της αυξημένης ανάγκης των κρατών για το συγκεκριμένο προϊόν ενέργειας, δημιουργήθηκαν συγκρούσεις ανάμεσα τους για την απόκτηση και τον έλεγχο των πηγών πετρελαίου. Αυτό είχε ως απόρροια την έντονη και συνεχή μεταβολή των τιμών των πετρελαϊκών προϊόντων και κατ'επέκταση την αστάθεια στις οικονομίες των χωρών. Η μεγαλύτερη κρίση στην αγορά πετρελαίου έλαβε χώρα αρχικά το 1973 στη Μέση Ανατολή, λόγω του εμπάργκο των Αράβων και στη συνέχεια λόγω του πολέμου μεταξύ του Ιράν και του Ιράκ. Η συγκεκριμένη πολιτική αστάθεια ώθησε το New York Mercantile Exchange να εκδόσει συμβόλαια αργού πετρελαίου. Έκτοτε, τα χρηματιστήρια έδωσαν τη δυνατότητα στους επενδυτές να συνδιαλλέγονται και άλλα προϊόντα ενέργειας, όπως: τα παράγωγα αργού πετρελαίου και το φυσικό αέριο.

Η αγορά φυσικού αερίου είναι μία ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά, η οποία συνεχώς ανανεώνεται. Η Ελλάδα συνιστά μια αναδυόμενη αγορά φυσικού αερίου και έχει προσελκύσει πολλές ξένες επενδύσεις για την ανάπτυξη και εκμετάλλευση των δικτύων στο χώρο της. Ύστερα από την ψήφιση του νομοσχεδίου που αφορά την αγορά φυσικού αερίου, διαφαίνονται νέες προοπτικές, προκειμένου να γίνει πιο απελευθερωμένη. Επιπλέον, μετά την ίδρυση της Ενεργειακής Κοινότητας με την υπογραφή της συνθήκης της 25ης Οκτωβρίου

2005, αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά αφενός θέματα σχετικά με την ανάπτυξη ανταγωνισμού στην εν λόγω αγορά και αφετέρου θέματα που αφορούν την ασφάλεια εφοδιασμού και παροχής τόσο του φυσικού αερίου όσο και άλλων υπηρεσιών κοινής ωφέλειας.

Πέρα από την Ελλάδα, πολλές άλλες χώρες διαθέτουν μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου και καταβάλλουν μεγάλες προσπάθειες, προκειμένου να επέλθουν συμφωνίες μεταξύ των κρατών για την ανάπτυξη και σωστή εκμετάλλευση της αγοράς φυσικού αερίου.



Διάγραμμα 1.1: Χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου (Πηγή: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2179rank.html>)

Τα **παράγωγα καιρού** και κατ' επέκταση οι συναλλαγές στην αγορά καιρού, πρωτοεμφανίστηκαν το 1997. Βασική προϋπόθεση του συγκεκριμένου τομέα είναι η σημαντική έκθεση πολλών συμμετεχόντων στην αγορά ενέργειας με γνώμονα τον καιρό. Για παράδειγμα, πολλά προϊόντα ενέργειας εξαρτώνται από αυτόν, με αποτέλεσμα οι επενδυτές να λαμβάνουν την παράμετρο αυτή σοβαρά υπόψιν τους. Η ζήτηση του ηλεκτρικού φορτίου και του φυσικού αερίου παρουσιάζει έντονη συσχέτιση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και επηρεάζεται από την υγρασία. Έτσι, το γεγονός αυτό ώθησε

πολλές εταιρίες που παρέχουν τα παραπάνω ενεργειακά προϊόντα να αναπτύξουν τα παράγωγα καιρού. Πέρα όμως από αυτή τους τη χρήση, τα παράγωγα καιρού χρησιμοποιούνται για να θωρακίσουν επενδύσεις που εξαρτώνται από τον ήλιο και τον αέρα, δηλαδή τις Ανανέωσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες είναι:

- Ηλιακή Ενέργεια (Φωτοβολταϊκά Συστήματα)
- Αιολική Ενέργεια (Ανεμογεννήτριες)
- Βιοενέργεια (Βιομάζα)
- Υδροηλεκτρική Ενέργεια
- Ενέργεια προερχόμενη από τα κύματα της θάλασσας
- Παλιρροϊκή Ενέργεια
- Γεωθερμική Ενέργεια

Λόγω της αύξησης παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα, με την πάροδο του χρόνου συντάσσονται πολλοί αναπτυξιακοί νόμοι, οι οποίοι καθορίζουν πλαίσια ενίσχυσης της επιχειρηματικής δραστηριότητας στον τομέα αυτόν. Η ενέργεια που προέρχεται από τις ΑΠΕ εξαρτάται άμεσα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, με αποτέλεσμα οι τιμές των προϊόντων της να είναι ευμετάβλητες. Επιπλέον, πολλές εταιρίες ΑΠΕ έχουν εισέλθει δυναμικά στο χρηματιστήριο, γεγονός που σε συνδυασμό με την διακύμανση των τιμών καθιστά τα χρηματοοικονομικά παράγωγα απαραίτητα για τις επενδύσεις και τις συναλλαγές στον τομέα αυτόν.

## 1.1 Το αντικείμενο και ο στόχος της διπλωματικής

Στην παρούσα διπλωματική, μελετάμε και αναλύουμε τα παράγωγα που χρησιμοποιούνται στην ενεργειακή αγορά. Αναλυτικότερα, παρουσιάζουμε τα είδη στρατηγικών συναλλαγής με τα οποία οι συναλασσόμενοι στις αγορές ηλεκτρισμού, πετρελαίου και φυσικού αερίου μπορούν να χρησιμοποιήσουν, προκειμένου να γίνει αντιστάθμιση κινδύνου. Επιπλέον, αναλύουμε τους τρόπους αντιστάθμισης, καθώς επίσης και τις συνθήκες, ώστε η χρήση ενεργειακών παραγώγων να οδηγεί σε κέρδος ή σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ελάττωση της ζημίας για τις εκάστοτε εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ενέργειας. Για να συζητήσουμε όλα τα παραπάνω και να απαντήσουμε σε ερωτήσεις σχετικά με τα οφέλη των παραγώγων ενέργειας και τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν στις συγκεκριμένες εταιρείες, η διπλωματική έχει δομηθεί σε λογική ακολουθία επτά κεφαλαίων, η οποία αναλύεται παρακάτω.

## 1.2 Δομή Διπλωματικής

1. Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται μία σύντομη περιγραφή για το θέμα που πραγματεύεται η διπλωματική εργασία.
2. Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζεται το πρόβλημα που οδήγησε στη δημιουργία των χρηματοοικονομικών παραγώγων ενέργειας και μελετώνται επιμέρους οι κίνδυνοι της αγοράς ενέργειας. Επιπλέον, γίνεται μία σύντομη περιγραφή των συγκεκριμένων παραγώγων.
3. Στο **Κεφάλαιο 3** μελετάμε λεπτομερειακά όλες τις στρατηγικές που προκύπτουν από τον συνδυασμό των συγκεκριμένων παραγώγων, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή αντιστάθμιση. Είναι ιδιαίτερα κατανοητό για τον αναγνώστη, καθώς περιέχονται διαγράμματα για την κάθε κατηγορία ξεχωριστά.
4. Στο **Κεφάλαιο 4** γίνεται μία εκτενής περιγραφή σχετικά με τις ποσοτικές μεθόδους διαχείρισης κινδύνου και τα διάφορα μοντέλα που χρησιμοποιούνται (Black & Scholes, διωνυμικό μοντέλο κλπ.)
5. Στο **Κεφάλαιο 5** γίνεται προϊοντική ανάλυση των παραγώγων και παρουσιάζονται λεπτομερειακά όλα τα είδη των χρηματοοικονομικών παραγώγων στον τομέα της ενέργειας.
6. Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται τρεις πρακτικές περιπτώσεις αντιστάθμισης με χρήση παραγώγων. Σε κάθε παράδειγμα δίδεται αναλυτικά το πρόβλημα, η στρατηγική που επιλέγεται να πραγματοποιηθεί, καθώς επίσης και όλα τα πιθανά αποτελέσματα που μπορεί να προκύψουν με την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης τακτικής.
7. Τέλος, στο **Κεφάλαιο 7** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνάς μας.



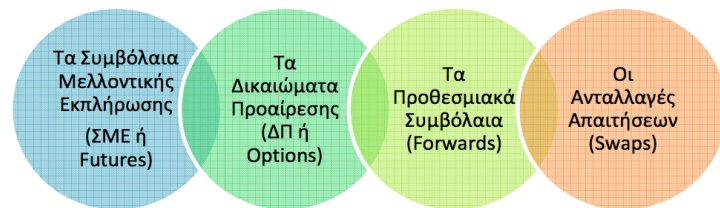
## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Capitalism with Derivatives. A Political Economy of Financial Derivatives, Capital and Class, D. Bryan & M. Rafferty, Palgrave-MacMillan 2006
- L.S. Belyaev, Electricity Market Reforms Economics and Policy Challenges, Springer Science & Business Media, LLC, 2011.

## Κεφάλαιο 2

### Το πρόβλημα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει η μελέτη της διαχείρισης κινδύνων στις αγορές ενέργειας με τη χρήση παράγωγων χρηματοοικονομικών προϊόντων. Τα ενεργειακά παράγωγα είναι συμβόλαια που προέρχονται από υποκείμενα στοιχεία ενέργειας, όπως η ηλεκτρική ενέργεια και τα καύσιμα (πετρέλαιο και φυσικό αέριο), καθώς επίσης και από στοιχεία ενέργειας που εξαρτώνται από τον καιρό. Τα ενεργειακά παράγωγα περιλαμβάνουν τέσσερις κατηγορίες παράγωγων χρηματοοικονομικών προϊόντων:

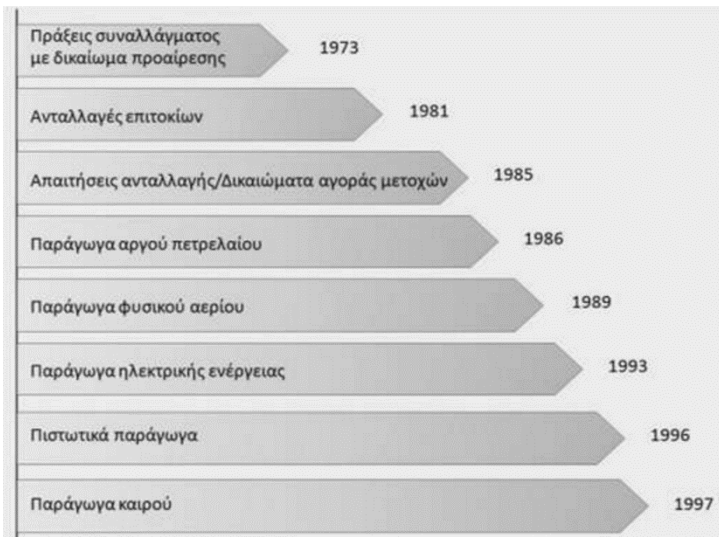


Σχήμα 2.1: Τα τέσσερα είδη παράγωγων χρηματοοικονομικών προϊόντων

Στις αγορές των ενεργειακών παραγώγων συμμετέχουν επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας (δημόσιες και μη), πετρελαϊκές εταιρίες και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα.

Τα ενεργειακά παράγωγα περιλαμβάνουν πολύπλοκες δομές που δεν υπάρχουν σε άλλα υποκείμενα προϊόντα, όπως οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή η αποθήκευση φυσικού αερίου. Αυτά τα στοιχεία είναι ισοδύναμα σε ένα σύνθετο χαρτοφυλάκιο επιλογών. Είναι πολύ σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι πολύπλοκες λειτουργίες των ενεργειακών παραγώγων δεν είναι ούτε τεχνητές, ούτε μπορούν να αποφευχθούν, καθώς η πολυπλοκότητα είναι μια φυσική συνέπεια των αναγκών και των προκλήσεων της αγοράς ενέργειας. Τα τέσσερα παράγωγα που προαναφέρθηκαν έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά και το καθένα από αυτά ορίζεται με διαφορετικό τρόπο, έτσι ώστε η αντιστάθμιση των κινδύνων που παρουσιάζονται στην εν λόγω αγορά να πραγματοποιείται με

επιτυχία και να αποφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα στους επενδυτές.



Σχήμα 2.2: Ιστορικό ανάπτυξης νέων παράγωγων προϊόντων (Πηγή: Εισαγωγή στη Δημόσια Οικονομική, Θεόδωρου Α.Γεωργακόπουλου, Εκδόσεις Μπένος 2012)

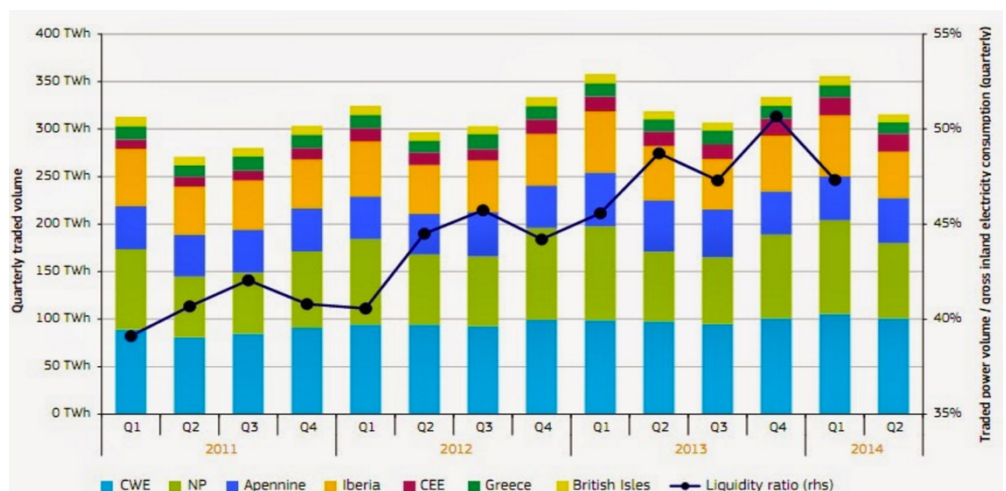
## 2.1 Παράγωγα στην απελευθερωμένη αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, με αφετηρία τις ΗΠΑ και στη συνέχεια την Ευρώπη, η ηλεκτρική ενέργεια ακολουθεί το μοντέλο της απελευθερωμένης αγοράς. Αυτό έχει ως άμεση απόρροια η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας να είναι εκτεθειμένη στις διάφορες αγοραστικές τάσεις και να παρουσιάζει σημαντική αστάθεια. Επιπλέον, η ηλεκτρική ενέργεια δεν αποτελεί ένα υλικό εμπορεύσιμο αγαθό όπως άλλα προϊόντα, καθώς δεν είναι ιδιαίτερα εφικτό να αποθηκευτεί ή να διανεμηθεί εύκολα, με συνέπεια να παρουσιάζει πολύπλοκη συμπεριφορά τιμής. Λόγω αυτών των γεγονότων οι συναλλαγές στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι εξαιρετικά ευμετάβλητες και απρόβλεπτες.

Τα παράγωγα χρηματοοικονομικά προϊόντα συμβάλλουν καιρία στην μείωση των κινδύνων που προέρχονται από την αβεβαιότητα της διακύμανσης των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας, προσφέροντας διεύρυνση των επιλογών, τόσο στους επενδυτές όσο και στους εκδότες των συμβολαίων. Οι

δυνατότητες που έχει ένας επενδυτής στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, είναι οι ακόλουθες:

- Πώληση ή αγορά μιας ελάχιστης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας για ένα σταθερό ποσό.
- Πώληση ή αγορά μιας μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας για ένα σταθερό ποσό.
- Πώληση ή αγορά μιας σταθερής ή ακαθόριστης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια σταθερή ή κυμαινόμενη τιμή, σε μια προκαθορισμένη μελλοντική χρονική στιγμή.
- Πώληση ή αγορά μιας σταθερής ή ακαθόριστης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια κυμαινόμενη τιμή, με βάση μια ελάχιστη ή και μια μέγιστη τιμή σε μια προκαθορισμένη μελλοντική χρονική στιγμή .
- Πώληση ή αγορά μιας σταθερής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια σταθερή ή κυμαινόμενη τιμή, με ρήτρα που δίνει τη δυνατότητα διακοπής της συναλλαγής (interruption).
- Πώληση ή αγορά μιας σταθερής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια σταθερή ή κυμαινόμενη τιμή, με ρήτρα που δίνει τη δυνατότητα διακοπής (bought through) σε μια υψηλότερη τιμή.



Σχήμα 2.3: Όγκος συναλλαγών ενέργειας (TWh) στις προ-ημερήσιες περιφερειακές αγορές της ΕΕ και ποσοστό (%) επί της συνολικής κατανάλωσης της ΕΕ2, (Πηγή: B2Green)

## 2.2 Κίνδυνοι στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η αντιστάθμιση στην αγορά του ηλεκτρισμού είναι απαραίτητη καθώς ελοχεύουν σημαντικοί κίνδυνοι, οι οποίοι είναι:

- **Κίνδυνος Τιμής (Price Risk):** Είναι το ρίσκο που σχετίζεται με την αγορά. Κάθε ώρα, όταν ο σταθμός παραγωγής λειτουργεί, η τιμή της κιλοβατώρας στην αγορά μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την προβλεπόμενη, ως συνέπεια των διακυμάνσεων παραγωγής και ζήτησης. Έτσι, ο παραγωγός αδυνατεί να γνωρίζει την ακριβή τιμή της κιλοβατώρας. Αυτό επηρεάζει τα έσοδα του που υπερβαίνουν το Μεταβλητό Κόστος (variable cost) και μπορούν επομένως να υπονομεύσουν την ικανότητα του παραγωγού να αντεπεξέλθει στα σταθερά έξοδα (fixed costs) της κατασκευής και συντήρησης του σταθμού.
- **Κίνδυνος στην τιμή του ηλεκτρισμού λόγω εκπομπών άνθρακα:** Αν οι εκπομπές ξεπεράσουν το προβλεπόμενο όριο, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνεται με το κόστος εκπομπών.
- **Κίνδυνος στην μεταβολή της ποσότητας:** Κίνδυνος που εμφανίζεται όταν η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που τελικά παραδίδεται είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη από την αρχική προβλεπόμενη ποσότητα.
- **Κίνδυνος Ρευστότητας (Liquidity Risk):** Το ρίσκο ρευστότητας είναι ένα χρηματοδοτικό ρίσκο προερχόμενο από μια πιθανή έλλειψη ρευστότητας. Αφορά πιθανές ζημιές σε περίπτωση που υπάρχει έλλειψη ρευστού σε μια εταιρία και είναι δύσκολο να βρεθούν αγοραστές για κάποιο χρεόγραφο.

## 2.3 Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (Futures) στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τα Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (ΣΜΕ) ηλεκτρικής ενέργειας είναι τυποποιημένα συμβόλαια, των οποίων η τιμή διαμορφώνεται σε καθημερινή βάση. Είναι διαθέσιμα στο χρηματιστήριο και υπόκεινται σε ανοιχτή και συνεχή δημοπρασία, η οποία είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστική. Οι

τιμές είναι γνωστοποιημένες σε όλους και διαμορφώνονται άμεσα από τον αριθμό των αγοραστών και των πωλητών. Τα ΣΜΕ δίνουν τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να αναλαμβάνουν μια θέση με συγκεκριμένα δικαιώματα και υποχρεώσεις, κάτω από τις ίδιες συνθήκες για όλους ανεξαιρέτως. Επί του πρακτέου, οι τιμές των συγκεκριμένων συμβολαίων γνωστοποιούνται είτε μέσω του ηλεκτρονικού συστήματος των χρηματιστηρίων, είτε μέσω ημερήσιων εφημερίδων από όπου δημοσιεύονται οι τιμές που ίσχυαν μέχρι και την προηγούμενη ημέρα. Προκειμένου όμως οι συμμετέχοντες στις συναλλαγές να έχουν πλήρη εικόνα των ΣΜΕ, πέρα από την τιμή του εκάστοτε συμβολαίου, περιέχονται και οι εξής πληροφορίες: **1) Μονάδα συναλλαγής, 2) Μέγεθος συμβολαίου και 3) Ημερομηνία λήξης του συμβολαίου.**

## **2.4 Δικαιώματα Προαίρεσης (Options) στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας**

Τα δικαιώματα προαίρεσης δίνουν τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να προστατευτούν από τις μεταβολές των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας, είτε αγοράζοντας ένα δικαίωμα προαίρεσης (call option), είτε πουλώντας ένα δικαίωμα προαίρεσης (put option). Ταυτόχρονα όμως προστατεύονται και από τις μεταβολές στις τιμές των ΣΜΕ. Τα options μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ΣΜΕ ή ανεξάρτητα από αυτά, ανάλογα το ρίσκο που προκύπτει σε κάθε περίπτωση. Στην περίπτωση των call options ο κάτοχος έχει το δικαίωμα και όχι την υποχρέωση να αγοράσει ένα ΣΜΕ σε μία συγκεκριμένη τιμή (τιμή εξάσκησης) για μια συγκεκριμένη περίοδο με ημερομηνία λήξης. Αντίστοιχα λειτουργούν και τα put options, όπου ο κάτοχος έχει το δικαίωμα και όχι την υποχρέωση να πουλήσει ένα ΣΜΕ σε μία τιμή εξάσκησης με συγκεκριμένη ημερομηνία λήξης. Για να κατανοήσουμε καλύτερα την λειτουργία των δικαιωμάτων προαίρεσης παραθέτουμε ένα απλό παράδειγμα\* :

Έστω ότι υπήρχε η πρόβλεψη για αύξηση των τιμών των ΣΜΕ. Στην περίπτωση αυτή, προκειμένου ο επενδυτής να προστατευτεί από το ρίσκο αυτής της αύξησης, θα αγόραζε ένα δικαίωμα αγοράς (call option). Αντίθετα, στο ενδεχόμενο

μείωσης των τιμών, ο επενδυτής θα έπρεπε να αγοράσει ένα δικαίωμα πώλησης (put option).

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε πιο λεπτομερειακά στα δικαιώματα αγοράς και πώλησης.

#### 2.4.1 Ενεργειακά δικαιώματα αγοράς (call) και πώλησης (put)

Τα ενεργειακά προθεσμιακά συμβόλαια και τα ενεργειακά συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης συνιστούν συμφωνίες για διανομή μιας καθορισμένης ποσότητας ενέργειας σε μια συγκεκριμένη τιμή και σε ένα προκαθορισμένο μέρος. Αναλυτικότερα οι λειτουργίες των δικαιωμάτων αγοράς και πώλησης συνοψίζονται παρακάτω:

Στο **δικαίωμα αγοράς** μας ενδιαφέρουν δύο τιμές: η τιμή δημοπρασίας και η τρέχουσα αγοραστική τιμή. Η τιμή δημοπρασίας ισούται με το ποσό που καταβάλλεται όταν εκτελείται το δικαίωμα και μπορεί είτε να συγκλίνει είτε και να αποκλίνει αρκετά από την τρέχουσα αγοραστική τιμή. Παραθέτουμε ένα παράδειγμα για δικαίωμα αγοράς στον τομέα του ηλεκτρισμού:

Έστω ένα δικαίωμα αγοράς με τιμή εξάσκησης \$100. Προβλέπεται ότι κοντά στην ημερομηνία λήξης του, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας θα ισούται περίπου με \$95. Λόγω αυτής της πρόβλεψης δε θα υπάρχει κάποιος επενδυτής που θα επιθυμεί να αγοράσει ένα call option. Ή αν έχει αγοράσει, δε θα το εξασκήσει. Αντίθετα, αν η τιμή του ηλεκτρισμού ξεπεράσει τα \$100 κατά την ημερομηνία λήξης, τότε ο επενδυτής θα πάρει την απόφαση να αγοράσει ένα call option και μάλιστα να το εξασκήσει. Αν υποθέσουμε ότι τελικά η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας θα ανέλθει στα \$105, τότε ο κάτοχος του δικαιώματος θα έχει κέρδος ίσο με τη διαφορά της ασκούμενης και της αγοραστικής τιμής. Στο παράδειγμά μας δηλαδή, έπειτα από εξάσκηση του δικαιώματός του, θα κερδίσει:  $\$105 - \$100 = \$5$ .

Στο **δικαίωμα πώλησης**, ο κάτοχος του έχει το δικαίωμα να πουλήσει σε μια προκαθορισμένη μελλοντική στιγμή και τιμή το ενεργειακό προϊόν.



Παραθέτουμε ένα παράδειγμα για δικαίωμα πώλησης στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας:

Έστω ότι ένα δικαίωμα πώλησης δίνει στον κάτοχο του το δικαίωμα να το πουλήσει στα \$100. Το δικαίωμα πώλησης λειτουργεί ακριβώς αντίθετα από το δικαίωμα αγοράς. Αναλυτικότερα, στην περίπτωση που η τρέχουσα τιμή του προϊόντος ηλεκτρισμού είναι μεγαλύτερη των \$100 κατά την ημερομηνία λήξης, το δικαίωμα πώλησης παύει να έχει ουσιαστική αξία. Ωστόσο, αν η τιμή του προϊόντος κατά την λήξη του δικαιώματος είναι μικρότερη των \$100, θα αγοραστεί από κάποιον επενδυτή στη συγκεκριμένη τρέχουσα τιμή, έτσι ώστε να επωφεληθεί του δικαιώματος από το οποίο θα κερδίσει την αντίστοιχη διαφορά των δύο τιμών.

## **2.5 Προθεσμιακά Συμβόλαια (Forwards) στην αγορά του Ηλεκτρισμού**

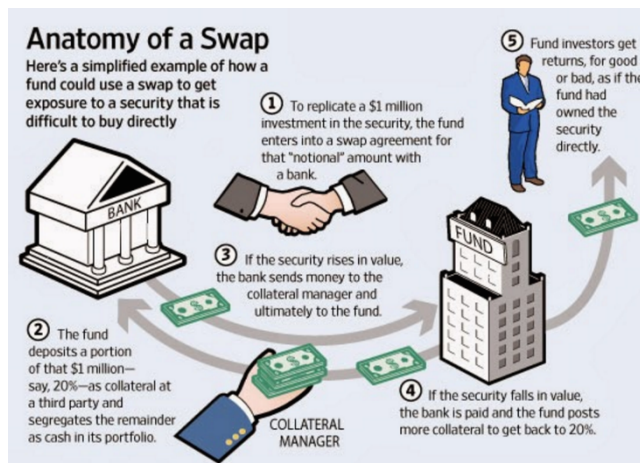
Η λειτουργία τους είναι αντίστοιχη με αυτή των ΣΜΕ αλλά απλούστερη. Συνήθως τα forwards πραγματοποιούνται μεταξύ δύο χρηματοοικονομικών ιδρυμάτων, χωρίς να επεμβαίνει η χρηματιστηριακή αγορά. Τα προθεσμιακά συμβόλαια αποτελούν μια συμφωνία μεταξύ δύο συμβαλλομένων, εκ των οποίων ο ένας αναλαμβάνει να αγοράσει (λαμβάνει long position) και ο άλλος να πουλήσει (λαμβάνει short position) μια συγκεκριμένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, σε μία καθορισμένη μελλοντική ημερομηνία και σε μία προκαθορισμένη τιμή συναλλαγής (delivery price).

## **2.6 Συμβάσεις ανταλλαγής (swaps) στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας**

Αποτελούν μια συμφωνία μεταξύ δύο συμβαλλομένων για ανταλλαγή μελλοντικών χρηματοροών (legs) με τρόπο που έχουν προκαθορίσει μεταξύ τους. Τα χρηματικά ποσά που ανταλλάσσονται μπορεί να αναφέρονται σε διαφορετικά νομίσματα και σταθερά ποσά. Τα swaps χρησιμοποιούνται για δύο λόγους κυρίως. Ο πρώτος αφορά την προστασία των επενδυτών έναντι των οικονομικών κινδύνων που προκύπτουν



από τις μεταβολές των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας και ο δεύτερος την επίτευξη κέρδους μέσω των μεταβολών στις τιμές του ηλεκτρισμού. Τα swaps που λαμβάνουν χώρα στον τομέα του ηλεκτρισμού στην Ελλάδα, αφορούν αρκετές εταιρίες που έχουν εκδηλώσει το ενδιαφέρον για ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας από συγκεκριμένες μονάδες της ΔΕΗ.



Σχήμα 2.4: Γενική, εποπτική λειτουργία των swaps (Πηγή: <http://www.financialtrading.com/beginners-guide-to-swaps/>)

## 2.7 Η αγορά πετρελαίου και φυσικού αερίου

Αντίστοιχα με την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, οι τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου είναι δύσκολα προβλεπόμενες, καθώς μεταβάλλονται με μεγάλη συχνότητα. Έτσι, η χρήση ενεργειακών παραγώγων στις συγκεκριμένες αγορές είναι απαραίτητη.

### 2.7.1 Κίνδυνοι στην αγορά Πετρελαίου

Υπάρχουν τρεις σημαντικοί κίνδυνοι που εμφανίζονται στην αγορά πετρελαίου και επηρεάζουν άμεσα τις τιμές:

- **Αύξηση της ζήτησης:** Με την πάροδο του χρόνου, η ζήτηση αυξάνεται παγκοσμίως
- **Οι τιμές των μετοχών παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα:** Ενώ οι αγορές πετρελαίου εξισορροπούνται, οι τιμές των μετοχών των εταιρειών πετρελαίου παραμένουν

φθηνές, προκειμένου να τεθούν οι βάσεις για μια ισχυρή ανάκαμψη

- **Μείωση της προσφοράς:** Αν και η ζήτηση αυξάνεται, η προσφορά ολοένα και μειώνεται.

### 2.7.2 Κίνδυνοι στην αγορά φυσικού αερίου

Σε αυτόν τον τομέα ο μεγαλύτερος κίνδυνος αφορά την **ενίσχυση των μονοπωλίων**. Αν και προβλέπονται συμβάσεις προκειμένου να απελευθερωθεί η αγορά, στην πραγματικότητα ισχυροποιείται το μονοπώλιο. Έτσι, το κόστος προμήθειας του φυσικού αερίου μεταβάλλεται. Επιπλέον, η διανομή του φυσικού αερίου εξαρτάται άμεσα από τις γεωπολιτικές σχέσεις των χωρών, με αποτέλεσμα η διαδικασία της μεταφοράς να γίνεται πολλές φορές πολύπλοκη. Η αντιστάθμιση των κινδύνων που προκύπτουν στις δύο αυτές αγορές ενέργειας, λαμβάνει χώρα με τη χρήση ενεργειακών παραγώγων.

### 2.7.3 Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (Futures) στην αγορά Πετρελαίου & Φυσικού Αερίου

Ας μελετήσουμε αρχικά έναν πίνακα σχετικά με τις μεταβολές των τιμών των δικαιωμάτων προαίρεσης τους (futures) στις ΗΠΑ από το 2002 και έπειτα:

	Base case	
	Oil (\$/bbl) - WTI	Gas (\$/MMbtu) - Henry Hub
2005	39.53	5.63
2006	36.49	5.35
2007	33.73	5.00
2008	32.76	4.84
2009	31.09	4.67
2010+	1%	1%
Cap	31.93	4.74
LOE Esc	1%	1%
Discount rate	9%	9%

Source: Tristone Capital

Πίνακας 2.1: Οι αλλαγές στις τιμές των oil & gas futures (Πηγή: Oil & Gas Financial Journal)

Παρατηρούμε ότι καθώς περνάει ο χρόνος, οι τιμές των ΣΜΕ του πετρελαίου και του φυσικού αερίου ολοένα και μειώνονται. Επιπλέον, οι μεταβολές δεν είναι σταθερές και παρατηρούμε ότι κάποιες φορές, στο διάστημα ενός χρόνου οι τιμές των ΣΜΕ μειώνονται ελαφρώς, ενώ άλλες φορές, κατά τη διάρκεια ενός

έτους οι μεταβολές είναι μεγαλύτερες. Εντούτοις, η ύπαρξη συμβολαίων ΣΜΕ υπό διαπραγμάτευση στα χρηματιστήρια για την αγορά του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, βοήθησε πολύ τους αντισταθμιστές να αντιμετωπίσουν την αυξημένη μεταβλητότητα τιμών, τόσο στην Αμερική, όσο και στην Ευρώπη. Η λειτουργία των τεσσάρων ενεργειακών παραγωγών στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι αντίστοιχη ως προς τη λειτουργία στις αγορές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου και αποτελούν τη δίοδο για την αντιστάθμιση όλων των κινδύνων που παρουσιάστηκαν.

## 2.8 Παράγωγα καιρού

Η επίδοση πολλών εταιριών ενέργειας εξαρτάται άμεσα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον. Το γεγονός αυτό τις ωθεί να συμπεριλάβουν στην αντιστάθμισή των κινδύνων της ενεργειακής αγοράς και το ρίσκο του καιρού. Προκειμένου να κατανοήσουμε καλύτερα τη λειτουργία των παραγώγων καιρού, θεωρούμε δύο μεταβλητές:

HDD: Heating Degree Days

CDD: Cooling Degree Days

Η μεταβλητή HDD που χαρακτηρίζει κάποια μέρα του χρόνου ορίζεται ως:  $HDD = \max(0, 65-A)$  και αντίστοιχα η CDD =  $\max(0, A-65)$ , όπου A ορίζεται η μέση τιμή της θερμοκρασίας μιας ημέρας σε έναν συγκεκριμένο μετεωρολογικό σταθμό και η οποία μετριέται σε βαθμούς Fahrenheit. Στη συγκεκριμένη αγορά, τα παράγωγα που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι τα futures, τα forwards και τα options και επιφέρουν κέρδος στους επενδυτές, το οποίο εξαρτάται από την αύξηση της HDD ή της CDD κατά τη διάρκεια ενός μήνα.

Τον Σεπτέμβριο του 1999 το χρηματιστήριο του Chicago ξεκίνησε να διαθέτει futures καιρού και ευρωπαϊκά options για futures καιρού. Τα συμβόλαια βασίζονται στην αύξηση της HDD ή της CDD για έναν συγκεκριμένο μήνα σε έναν συγκεκριμένο μετεωρολογικό σταθμό. Ο διακανονισμός των συμβολαίων γίνεται σε μετρητά αμέσως μετά το τέλος του μήνα, όπου οι δύο

μεταβλητές έχουν γνωστοποιηθεί. Συγκεκριμένα, ένα ΣΜΕ καιρού ισούται με \$20 φορές την αύξηση μιας εκ των 2 μεταβλητών εντός του συγκεκριμένου διαστήματος. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αμερικάνικη εταιρία συναλλαγών CME\*, όπου προσφέρει futures και options καιρού σε 42 χώρες του κόσμου. Επιπλέον, διαθέτει συμβόλαια για φυσικά φαινόμενα, όπως οι τυφώνες και η χιονόπτωση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- J.C Hull, Options, Futures & other derivatives, 8th edition, USA 2012
- A. Eydeland, K. Wolyniec, Energy & Power Risk Management, John Wiley & Sons, 2003
- B. Murray, Electricity Markets: Investment, Performance and Analysis, John Wiley and Sons, 1998
- R. M. Kovacevic, M. T. Vespucci, G. Ch. Pflug, Handbook of Risk Management in Energy Production and Trading, Springer Science & Business Media New York, 2013

## Κεφάλαιο 3

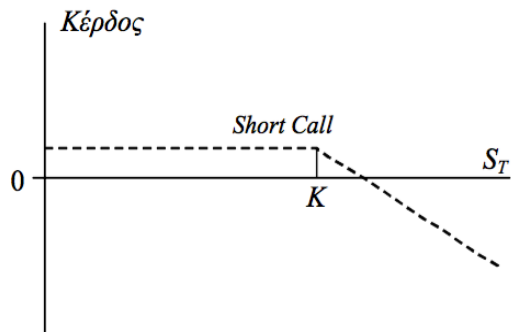
### Στρατηγικές διαχείρισης παράγωγων προϊόντων

Με βάση τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι ο επενδυτής μπορεί να λάβει και πιο σύνθετες θέσεις χρησιμοποιώντας περισσότερα από ένα δικαιώματα προαίρεσης ταυτόχρονα. Παρακάτω θα δούμε κάποιες σύνθετες στρατηγικές που χρησιμοποιούνται συχνά από τους συναλλασσόμενους.

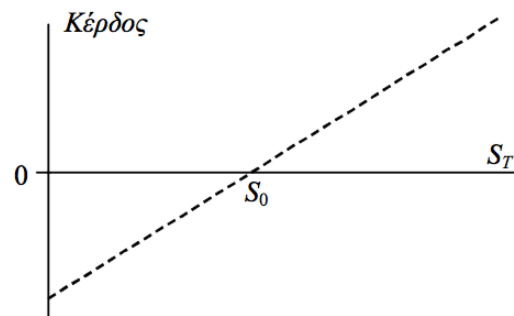
#### 3.1 Στρατηγικές που αφορούν μια μετοχή και ένα δικαίωμα προαίρεσης επί αυτής της μετοχής

Υπάρχουν τέσσερις βασικές στρατηγικές που αφορούν μία μετοχή και ένα δικαίωμα επί της ίδιας μετοχής.

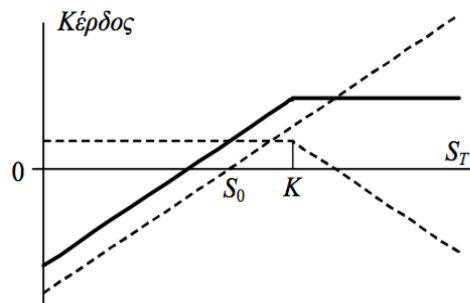
Η **πρώτη** αφορά την πώληση ενός δικαιώματος αγοράς (short call) και την παράλληλη αγορά της μετοχής (covered call). Σε αυτή την περίπτωση η αγορά της μετοχής «καλύπτει» την περίπτωση απότομης αύξησης της τιμής της μετοχής (αν είχαμε λάβει μόνο τη θέση short call θα είχαμε μεγάλη ζημιά). Στο πρώτο διάγραμμα φαίνεται το κέρδος από την χρήση του δικαιώματος αγοράς (short call) σε σχέση με την τιμή της μετοχής  $S_T$  στο χρόνο εξάσκησης  $T$  με τιμή εξάσκησης  $K$ , στο δεύτερο διάγραμμα φαίνεται το κέρδος από την αγορά της μετοχής (σήμερα, στην τιμή  $S_0$ ) σε σχέση με την τιμή της μετοχής  $S_T$  στο χρόνο εξάσκησης  $T$  και τιμή εξάσκησης  $K$  και στο τρίτο διάγραμμα φαίνεται το συνολικό κέρδος (άθροισμα) από τις δύο αυτές παράλληλες τοποθετήσεις στην αγορά (συνεχής γραμμή) με τιμή της μετοχής  $S_T$ , χρόνο εξάσκησης  $T$  και τιμή εξάσκησης της μετοχής  $K$ .



Διάγραμμα 3.1.1: Κέρδος από την πώληση του δικαιώματος αγοράς της μετοχής



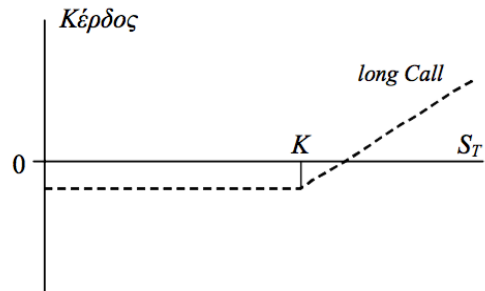
Διάγραμμα 3.1.2: Κέρδος από την αγορά της μετοχής



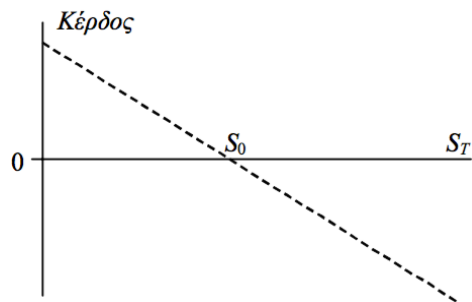
Διάγραμμα 3.1.3: Συνολικό κέρδος από το συνδυασμό των δύο προηγούμενων τοποθετήσεων

Η **δεύτερη** στρατηγική είναι η αντίθετη της πρώτης. Αφορά την αγορά ενός δικαιώματος αγοράς (long call) και την παράλληλη

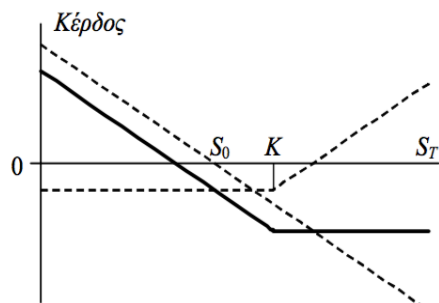
πώληση της μετοχής (short selling). Τα αντίστοιχα διαγράμματα του κέρδους σε σχέση με την τιμή  $S_T$  της μετοχής την ημέρα λήξης του δικαιώματος είναι τα εξής:



Διάγραμμα 3.1.4: Κέρδος από την αγορά του δικαιώματος αγοράς της μετοχής



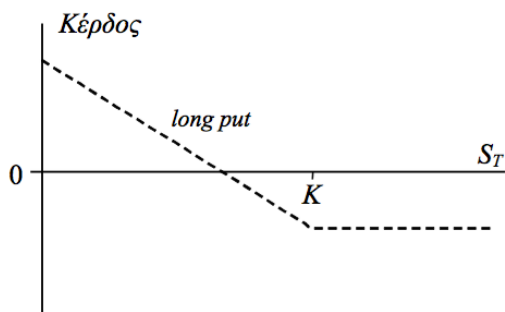
Διάγραμμα 3.1.5: Κέρδος από την πώληση της μετοχής



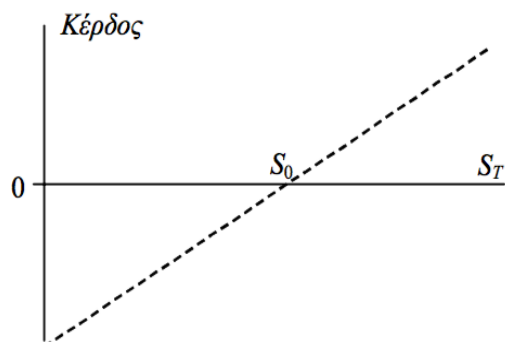
Διάγραμμα 3.1.6: Συνολικό κέρδος από τον συνδυασμό των δύο παραπάνω τοποθετήσεων



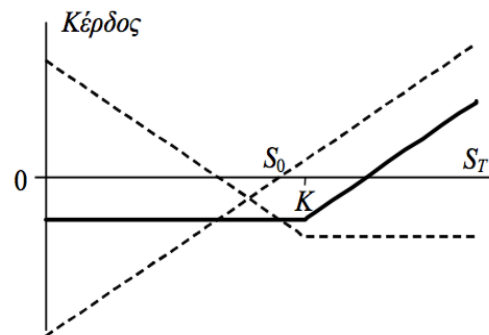
Η **τρίτη** στρατηγική αφορά την αγορά ενός δικαιώματος πώλησης (long put) και την παράλληλη αγορά της μετοχής (protective put). Τα αντίστοιχα γραφήματα του κέρδους σε σχέση με την τιμή  $S_T$  της μετοχής την ημέρα λήξης του δικαιώματος είναι τα εξής:



Διάγραμμα 3.1.7: Κέρδος από την αγορά του δικαιώματος πώλησης της μετοχής

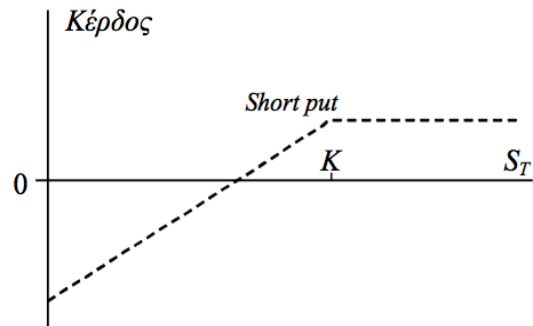


Διάγραμμα 3.1.8: Κέρδος από την αγορά της μετοχής

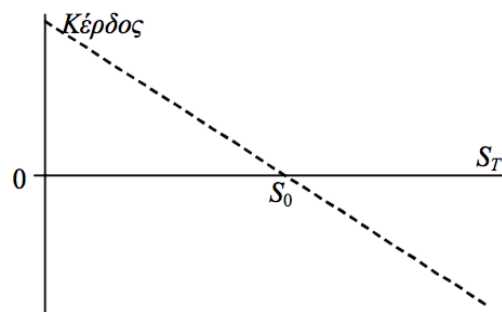


Διάγραμμα 3.1.9: Συνολικό κέρδος από τον συνδυασμό των δύο παραπάνω τοποθετήσεων

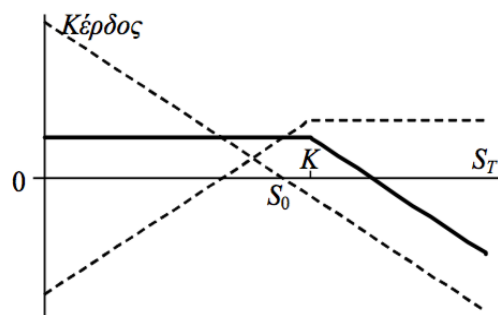
Η **τέταρτη** στρατηγική αφορά την πώληση ενός δικαιώματος πώλησης (short put) και την παράλληλη πώληση της μετοχής (short selling). Τα αντίστοιχα γραφήματα του κέρδους σε σχέση με την τιμή  $S_T$  της μετοχής την ημέρα λήξης του δικαιώματος είναι τα εξής:



Διάγραμμα 3.1.10: Κέρδος από την πώληση του δικαιώματος πώλησης της μετοχής



Διάγραμμα 3.1.11: Κέρδος από την πώληση της μετοχής

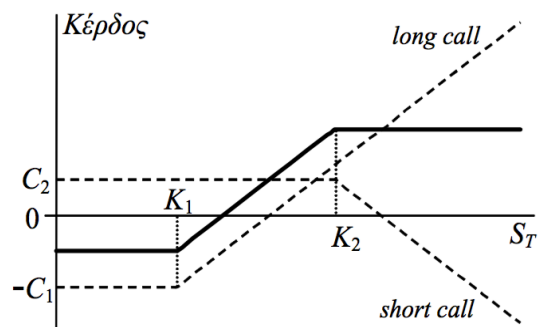


Διάγραμμα 3.1.12: Συνολικό κέρδος από τον συνδυασμό των δύο παραπάνω τοποθετήσεων

## 3.2 Στρατηγικές που αφορούν δικαιώματα προαίρεσης ίδιου τύπου επί της ίδιας μετοχής

### 3.2.1 Bull Spread (Ανοδικό Άνοιγμα)

Η στρατηγική αυτή αφορά την αγορά ενός δικαιώματος αγοράς (long call) με τιμή εξάσκησης  $K_1$  και την παράλληλη πώληση ενός δικαιώματος αγοράς (short call) με τιμή εξάσκησης  $K_2 > K_1$  (επί της ίδιας μετοχής και με ίδια ημερομηνία εξάσκησης με το πρώτο). Το κέρδος από την τοποθέτηση αυτή φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα. Με διακεκομμένες γραμμές φαίνεται το κέρδος για καθένα από τα δύο δικαιώματα ενώ με τη συνεχή γραμμή φαίνεται το συνολικό κέρδος (άθροισμα των κερδών από τα δυο δικαιώματα).



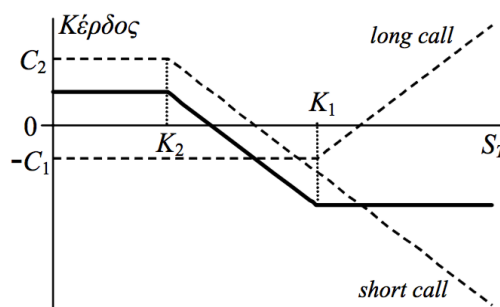
Διάγραμμα 3.2.1: Bull Spread με τη χρήση δικαιωμάτων αγοράς

Ισχύει ότι  $C_1 > C_2$  διότι η τιμή του δικαιώματος αγοράς μειώνεται όσο η τιμή εξάσκησης  $K$  αυξάνεται (για να αποκτήσουμε το δικαίωμα να αγοράσουμε σε χαμηλότερη τιμή  $K$  θα πρέπει να καταβάλλουμε μεγαλύτερο αντίτιμο  $C$ ). Με τη στρατηγική αυτή ο επενδυτής το πολύ να χάσει την αρχική του επένδυση  $C_1 - C_2$  και το πολύ να κερδίσει τη διαφορά των τιμών εξάσκησης  $K_1 - K_2$  μείον την αρχική επένδυση  $C_1 - C_2$ . Ένα bull spread μπορεί να γίνει και με τη χρήση δύο δικαιωμάτων πώλησης (αντί αγοράς). Με την αγορά ενός put με τιμή εξάσκησης  $K_1$  και την πώληση ενός put με τιμή εξάσκησης  $K_2 > K_1$  επιτυγχάνεται όμοια συνάρτηση συνολικού κέρδους με αυτήν που βρέθηκε παραπάνω

χρησιμοποιώντας δύο call options. Όπως και στην περίπτωση αγοράς ενός μόνο δικαιώματος αγοράς (long call), η συγκεκριμένη στρατηγική ακολουθείται από κάποιον που προσδοκά άνοδο της τιμής της υποκείμενης μετοχής (ο όρος Bull χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει κάποιον που είναι αισιόδοξος και προσδοκά άνοδο τιμών). Η διαφορά εδώ είναι ότι υπάρχει ένα άνω φράγμα για το κέρδος  $K_2 - K_1$  και για το λόγο αυτό απαιτείται μικρότερη αρχική επένδυση  $C = C_1 - C_2$ .

### 3.2.2 Bear Spread (Καθοδικό Άνοιγμα)

Η στρατηγική αυτή αφορά και πάλι την αγορά ενός δικαιώματος αγοράς (long call) με τιμή εξάσκησης  $K_1$  και την παράλληλη πώληση ενός δικαιώματος αγοράς (short call) με τιμή εξάσκησης  $K_2$  (επί της ίδιας μετοχής και με ίδια ημερομηνία εξάσκησης). Η διαφορά είναι ότι τώρα επιλέγουμε τις τιμές εξάσκησης να είναι  $K_2 < K_1$  αντί  $K_2 > K_1$  που έχουμε στο bull spread. Το κέρδος από την τοποθέτηση αυτή φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα. Με διακεκομμένες γραμμές φαίνεται το κέρδος για καθένα από τα δύο δικαιώματα ενώ με τη συνεχή γραμμή φαίνεται το συνολικό κέρδος.



Διάγραμμα 3.2.2: Bear Spread με τη χρήση δικαιωμάτων αγοράς

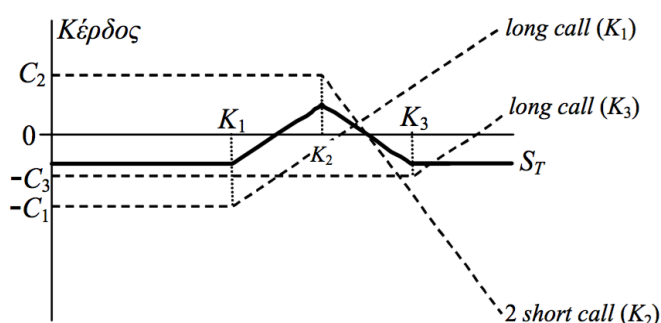
Με τη στρατηγική αυτή ο επενδυτής το πολύ να κερδίσει την αρχική του είσπραξη  $C_2 - C_1$  και το πολύ να χάσει τη διαφορά των τιμών εξάσκησης  $K_2 - K_1$  συν την αρχική είσπραξη  $C_2 - C_1$ . Όπως και στην περίπτωση των bull spreads, ένα bear spread μπορεί να γίνει και με τη χρήση δύο δικαιωμάτων πώλησης.

Η συγκεκριμένη στρατηγική ακολουθείται από κάποιον που

προσδοκά πτώση της τιμής της υποκείμενης μετοχής (ο όρος bear χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει κάποιον που είναι απαισιόδοξος και προσδοκά πτώση των τιμών). Η διαφορά με την πώληση ενός μόνο call option είναι ότι υπάρχει ένα κάτω φράγμα για τη ζημιά  $K_2 - K_1$ .

### 3.2.3 Butterfly Spread

Η στρατηγική αυτή βασίζεται σε τρία διαφορετικά δικαιώματα προαίρεσης (με διαφορετικές τιμές εξάσκησης). Συγκεκριμένα αφορά την αγορά δύο δικαιωμάτων αγοράς με τιμή εξάσκησης  $K_1$  και  $K_3$  ( $K_1 < K_3$ ) και την παράλληλη πώληση δύο δικαιωμάτων αγοράς με τιμή εξάσκησης  $K_2$  (επί της ίδιας μετοχής και με ίδια ημερομηνία εξάσκησης). Το  $K_2$  λαμβάνεται μεταξύ των  $K_1$  και  $K_3$  και βρίσκεται κοντά στην τρέχουσα τιμή της υποκείμενης μετοχής. Το κέρδος από την τοποθέτηση αυτή φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



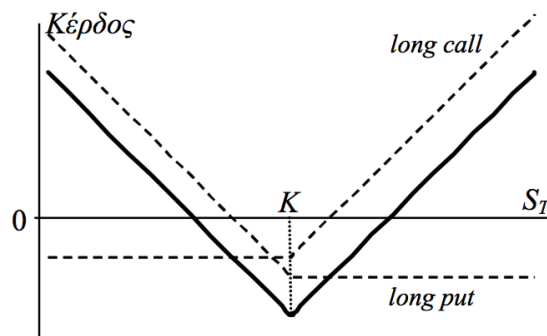
Διάγραμμα 3.2.3: Butterfly Spread

Η συγκεκριμένη στρατηγική επιφέρει θετική απόδοση όταν η τιμή  $S_T$  της μετοχής την ημέρα λήξης βρίσκεται «κοντά» στο  $K_2$ . Αντίθετα, αν υπάρχει μεγάλη άνοδος ή πτώση της τιμής τότε υπάρχει ζημιά (και το κέρδος και η ζημιά είναι όμως φραγμένα). Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται από επενδυτές που δεν προσδοκούν μεγάλες διακυμάνσεις της τιμής της υποκείμενης μετοχής.

### 3.3 Στρατηγικές που αφορούν δικαιώματα αγοράς και πώλησης ταυτόχρονα επί της ίδιας μετοχής

#### 3.3.1 Straddle

Η στρατηγική αυτή αφορά την αγορά ενός δικαιώματος αγοράς και ενός δικαιώματος πώλησης (επί της ίδιας μετοχής και με ίδια ημερομηνία εξάσκησης) με την ίδια τιμή εξάσκησης  $K$ . Το κέρδος από την τοποθέτηση αυτή φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.

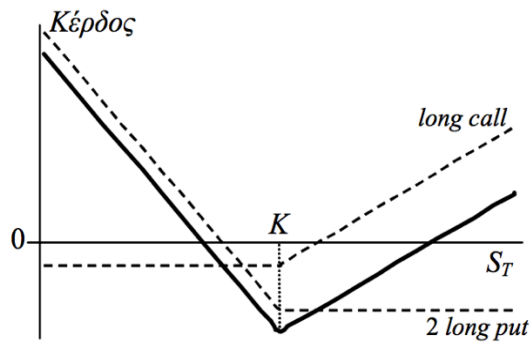


Διάγραμμα 3.3.1: Straddle

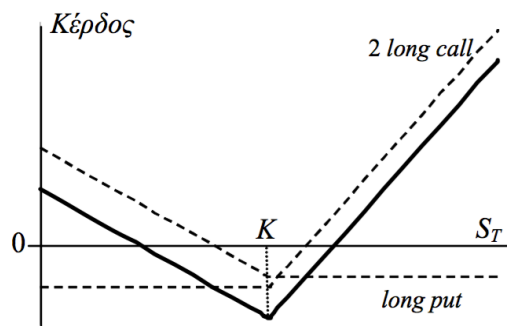
Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, η συγκεκριμένη στρατηγική επιφέρει θετική απόδοση όταν η τιμή  $S_T$  της μετοχής την ημέρα λήξης βρίσκεται «μακριά» από το  $K$ . Μάλιστα όσο πιο μακριά βρεθεί η  $S_T$  από το  $K$ , τόσο μεγαλύτερο είναι το κέρδος (μη φραγμένο κέρδος). Αντίθετα αν η τιμή  $S_T$  παραμείνει κοντά στο  $K$  τότε υπάρχει ζημία (αλλά φραγμένη). Χρησιμοποιείται από επενδυτές που προσδοκούν μεγάλη κίνηση της τιμής της υποκείμενης μετοχής, αλλά δεν γνωρίζουν την κατεύθυνση της κίνησης (ανοδική ή καθοδική).

### 3.3.2 Strip and Strap

Η στρατηγική Strip και η στρατηγική Strap είναι όμοιες με την Straddle. Η Strip βασίζεται στην αγορά ενός δικαιώματος αγοράς (long call) και δύο δικαιωμάτων πώλησης (long put) (επί της ίδιας μετοχής και με ίδια ημερομηνία εξάσκησης) με την ίδια τιμή εξάσκησης  $K$ . Η στρατηγική Strap βασίζεται στην αγορά δύο δικαιωμάτων αγοράς (long call) και ενός δικαιώματος πώλησης (long put) (επί της ίδιας μετοχής και με ίδια ημερομηνία εξάσκησης) με την ίδια τιμή εξάσκησης  $K$ . Το κέρδος από τις τοποθετήσεις αυτές φαίνεται στα επόμενα διαγράμματα.



Διάγραμμα 3.3.2: Strip



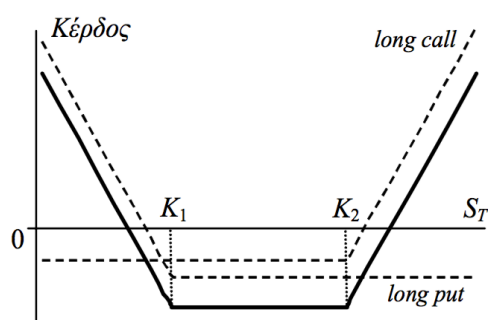
Διάγραμμα 3.3.3: Strap

Και οι δύο παραπάνω τοποθετήσεις επιφέρουν θετική απόδοση όταν η τιμή  $S_T$  της μετοχής την ημέρα λήξης βρίσκεται «μακριά» από το  $K$  (κινήθηκε είτε ανοδικά είτε καθοδικά). Στην τοποθέ-

τηση Strip όμως ο επενδυτής θεωρεί πιο πιθανή την πτώση (τότε έχει μεγαλύτερο κέρδος), ενώ στην τοποθέτηση Strap θεωρεί πιο πιθανή την άνοδο της τιμής της μετοχής.

### 3.3.3 Strangles

Η τοποθέτηση Strangle είναι και αυτή όμοια με την Straddle. Βασίζεται στην αγορά ενός δικαιώματος αγοράς (long call) και ενός δικαιώματος πώλησης (long put) (επί της ίδιας μετοχής και με ίδια ημερομηνία εξάσκησης) με διαφορετικές όμως τιμές εξάσκησης  $K_1$  και  $K_2$ , με  $K_1 < K_2$ . Το κέρδος από την τοποθέτηση αυτή φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



Διάγραμμα 3.3.4: Strangle

Η τοποθέτηση αυτή επιφέρει θετική απόδοση όταν η τιμή  $S_T$  της μετοχής την ημέρα λήξης βρίσκεται «μακριά» από το  $K$ .



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- J.C Hull, Options, Futures & other derivatives, 8th edition, USA 2012

## Κεφάλαιο 4

### Ποσοτικά μοντέλα τιμολόγησης παράγωγων προϊόντων

#### 4.1 Αξιολόγηση δικαιωμάτων προαίρεσης με τη χρήση του μοντέλου Black & Scholes

Το πιο διαδεδομένο μαθηματικό μοντέλο για την αξιολόγηση των δικαιωμάτων προαίρεσης είναι αυτό των Black & Scholes. Συγκεκριμένα, αναφερόμαστε στην περίφημη εξίσωση που δημιούργησαν το 1973 οι Fischer Black και Miron Scholes, στην προσπάθειά τους να αποτιμήσουν τα δικαιώματα, κάτω από ρεαλιστικές συνθήκες. Η βασική τους αρχή ήταν ότι αφενός δεν υπάρχουν ευκαιρίες εξισορροπητικής κερδοσκοπίας και αφετέρου, ότι επιτυγχάνεται η αντιστάθμιση κινδύνου. Έτσι, διατύπωσαν ένα υπόδειγμα, το οποίο βασίστηκε στις εξής υποθέσεις:

- Η τιμή που λαμβάνει η υποκείμενη αξία μεταβάλλεται συνεχώς.
- Η μεταβλητότητα του υποκείμενου τίτλου ορίζεται ως η τυπική απόκλιση αυτού και παραμένει σταθερή μέχρι και τη λήξη του δικαιώματος.
- Δεν υπάρχει περιορισμός στην προθεσμιακή πώληση των τίτλων.
- Τα επιτόκια δανεισμού παραμένουν επίσης σταθερά μέχρι τη λήξη του δικαιώματος.
- Στις αγορές, στις οποίες διαπραγματεύονται τα δικαιώματα και η υποκείμενη αξία, δεν υπάρχει κόστος συναλλαγής.
- Το δικαίωμα προαίρεσης είναι μόνο ευρωπαϊκού τύπου (European Call Option) και μπορεί να εξασκηθεί μόνο στη λήξη του.
- Οι υποκείμενοι τίτλοι δεν καταβάλλουν μερίσματα ή άλλες πληρωμές καθ' όλη την διάρκεια ζωής του παράγωγου προϊόντος.

Η βασική ιδέα του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η δυνατότητα δημιουργίας 3 Με αυτόν τον τρόπο, το δικαίωμα αγοράς θα αποφέρει βέβαιο αποτέλεσμα στον κάτοχό του, μετά τη λήξη του.

Έστω λοιπόν ότι το χαρτοφυλάκιο συνίσταται στην αγορά  $q_s$  τεμαχίων του υποκείμενου προϊόντος και στην έκδοση  $q_c$  συμβολαίων ΔΑ. Τότε εάν η αξία του υποκείμενου προϊόντος σε κάποια χρονική στιγμή είναι  $S$  και του ΔΑ είναι  $C$ , η αξία  $V$  του χαρτοφυλακίου είναι  $V = Sq_s + Cq_c$ . Συνεπώς, η μεταβολή στην αξία του χαρτοφυλακίου για μεταβολές στην αξία του υποκείμενου προϊόντος και του ΔΑ είναι:  $dV = dSq_s + dCq_c$ . Εφόσον το χαρτοφυλάκιο υποτίθεται ότι κατασκευάζεται έτσι ώστε να αντισταθμίζει τον κίνδυνο, θα πρέπει η μεταβολή της αξίας του σε οποιαδήποτε χρονική περίοδο  $dt$  να αντιστοιχεί στην απόδοση ενός ακίνδυνου χρεογράφου. Συγκεκριμένα, εάν η αξία του χαρτοφυλακίου  $V$  επενδυόταν για μια χρονική περίοδο  $dt$  με βέβαιη απόδοση  $i$ , τότε στο τέλος της περιόδου  $dt$  θα απέφερε κέρδος ίσο με  $iVdt$ . Συνεπώς, για να θεωρηθεί ότι το χαρτοφυλάκιο αντισταθμίζει τον κίνδυνο, θα πρέπει:

$$iVdt = dSq_s + dCq_c \rightarrow i(Sq_s + Cq_c)dt = dSq_s + dCq_c$$

Εάν ο επενδυτής αγοράσει ένα τεμάχιο του υποκείμενου προϊόντος ( $q_s = 1$ ), και ταυτόχρονα εκδόσει  $q_c$  τεμάχια από το ΔΑ, για να θεωρηθεί ότι το χαρτοφυλάκιο αντισταθμίζει τον κίνδυνο, θα πρέπει η αξία του χαρτοφυλακίου να παραμένει σταθερή και ανεξάρτητη από μεταβολές στην τιμή του υποκείμενου προϊόντος. Δηλαδή θα πρέπει:

$$\frac{\partial V}{\partial S} = 0 \leftrightarrow 1 + q_c \frac{\partial C}{\partial S} = 0 \leftrightarrow q_c = - \frac{1}{\frac{\partial C}{\partial S}}$$

Αντικαθιστούμε το συγκεκριμένο αποτέλεσμα στην παραπάνω σχέση και έχουμε (για  $q_s = 1$ ):

$$i \left( S - \frac{C}{\frac{\partial C}{\partial S}} \right) dt = dS - \frac{1}{\frac{\partial C}{\partial S}} dC \rightarrow dC = \frac{\partial C}{\partial S} dS - iS \frac{\partial C}{\partial S} dt + iCdt$$

Δεδομένης αυτής της σχέσης, απαιτείται τώρα ο προσδιορισμός μιας διαδικασίας, η οποία θα μπορεί να μοντελοποιήσει επαρκώς τη μεταβολή στην τιμή του υποκείμενου προϊόντος  $dS$ . Αυτό γίνεται μέσω της διαδικασίας Wiener. Μια στοχαστική διαδικασία  $W=(W_t: t > 0)$  ονομάζεται διαδικασία Wiener, εάν: **(1)** κάθε τιμή  $W_t$  της διαδικασίας στην στιγμή  $t$  είναι συνεχής με  $W_0 = 0$ , και **(2)** η μεταβολή ακολουθεί την κανονική κατανομή και είναι ανεξάρτητη από την πορεία της διαδικασίας μέχρι τη στιγμή  $t$ . Βάσει της θεώρησης αυτής, η μεταβολή της τιμής του υποκείμενου προϊόντος μπορεί να αποδοθεί επαρκώς μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dW \rightarrow dS = \mu S dt + \sigma S dW$$

Όπου  $\mu$  είναι η στιγμιαία αναμενόμενη απόδοση του υποκείμενου προϊόντος,  $\sigma$  η αντιστοιχη τυπική απόκλιση και  $dW$  είναι ένας τυχαίος παράγοντας, ο οποίος έχει τις ιδιότητες μιας διαδικασίας Wiener και συνεπώς ακολουθεί την κανονική κατανομή  $(0, \sqrt{dt})$  με μέση τιμή μηδέν και τυπική απόκλιση  $\sqrt{dt}$ .

Δεδομένου ότι η τιμή του δικαιώματος είναι συνάρτηση δύο μεταβλητών, της αξίας του υποκείμενου προϊόντος  $S$  και του χρόνου  $t$ , μπορεί να γίνει χρήση ενός γνωστού θεωρήματος στο χώρο των στοχαστικών διαδικασιών, του θεωρήματος του **Itô**. Έστω μια συνεχής και διπλά διαφορίσιμη συνάρτηση  $f(x,t)$  όπου  $x$  είναι μια τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί μια στοχαστική διαδικασία της μορφής:  $dx=adt+bdW$ . Τότε, σύμφωνα με το θεώρημα αυτό ισχύει ότι:

$$df = \beta \frac{\partial f}{\partial x} dW + \left( \alpha \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \beta^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \right)$$

Αντικαθιστώντας έχουμε:

$$\begin{aligned} dC &= \sigma S \frac{\partial C}{\partial S} dW + \left( \mu S \frac{\partial C}{\partial S} + \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \right) dt = \\ &= \frac{\partial C}{\partial S} (\mu S dt + \sigma S dW) + \frac{\partial C}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} dt = \\ &= \frac{\partial C}{\partial S} dS + \frac{\partial C}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} dt \end{aligned}$$

Και τελικά έχουμε:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \mu S \frac{\partial C}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} - rC$$

Αυτή είναι μια γνωστή διαφορική εξίσωση, η οποία είναι γνωστή ως η στοχαστική διαδικασία των Black & Scholes. Η λύση της απαιτεί τον καθορισμό κάποιων οριακών συνθηκών οι οποίες διαφέρουν ανάλογα με το παράγωγο προϊόν που εξετάζεται. Στην περίπτωση της αποτίμησης ενός ΔΑ ευρωπαϊκού τύπου, αυτές οι οριακές συνθήκες προκύπτουν από την αξία του ΔΑ κατά την λήξη του T:

$$C(S_T, T) = \begin{cases} S_T - E, & S_T > E \\ 0, & S_T \leq E \end{cases}$$

Οι παράμετροι των εξισώσεων που προκύπτουν από το υπόδειγμα του μοντέλου Black & Scholes, είναι οι εξής:

- $C(S, t)$ : Αξία του δικαιώματος αγοράς
- $S_0$ : Τρέχουσα τιμή του υποκείμενου τίτλου

- K: Τιμή εξάσκησης του δικαιώματος
- P: Αξία δικαιώματος πώλησης
- T: Διάστημα που απομένει μέχρι τη λήξη του δικαιώματος
- r: Επιτόκιο χωρίς κίνδυνο
- $\sigma^2$ : Τυπική απόκλιση του υποκείμενου τίτλου
- N(x): Αθροιστική κανονική κατανομή πιθανοτήτων (Cumulative Normal Probability)
- $-e^{-rt}$ : Συντελεστής προεξόφλησης

Και οι εξισώσεις του υποδείγματος είναι:

$$C = S_0 N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2) \quad (1)$$

$$P = Ke^{-rt} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (2),$$

$$\text{όπου } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{και} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$\text{και } N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αναφέρουμε ότι θεωρητικά, το βραχυπρόθεσμο επιτόκιο  $r$  παραμένει σταθερό. Επί του πρακτέου, το επιτόκιο  $r$  ισούται με το επιτόκιο χωρίς κίνδυνο για μία επένδυση, η οποία διαρκεί για χρονικό διάστημα  $T$ . Οι  $N(d_1)$  και  $N(d_2)$  συνιστούν τις πιθανότητες, οι οποίες αθροιστικά δίνουν την αξία του χρόνου και σταθμίζουν με ανάλογο τρόπο την τιμή του υποκείμενου τίτλου και την τιμή εξάσκησης, αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, ο όρος  $S_0 N(d_1)$  ερμηνεύεται ως η παρούσα αξία του υποκείμενου τίτλου, χρησιμοποιώντας το επιτόκιο χωρίς κίνδυνο και ο όρος  $Ke^{-rt} N(d_2)$  δείχνει την χρηματική αξία της τιμής εξάσκησης που πρέπει να πληρωθεί.

### 4.1.1 Ιδιότητες του μοντέλου Black & Scholes

Αρχικά, θα εξετάσουμε τι ακριβώς συμβαίνει όταν κάποιες παράμετροι λαμβάνουν ακραίες τιμές. Όταν η τιμή της μετοχής αυξάνεται κατά πολύ, είναι σχεδόν βέβαιο ότι το δικαίωμα αγοράς θα εξασκηθεί. Τότε το δικαίωμα γίνεται παρόμοιο με ένα προθεσμιακό συμβόλαιο με τιμή παράδοσης  $K$  και η τιμή αγοράς που αναμένουμε ισούται με:

$$S_0 - Ke^{-rt}$$

Στην πραγματικότητα όμως, η τιμή της αγοράς του δικαιώματος δίνεται από την εξίσωση (1) και επειδή η τιμή της μετοχής  $S_0$  αυξάνεται κατά πολύ, αυξάνονται και τα  $d_1$  και  $d_2$ . Αντίθετα, τα  $N(d_1)$  και  $N(d_2)$  βρίσκονται κοντά στο 1. Στην περίπτωση που η τιμή της μετοχής ελαττωθεί κατά πολύ, αυξάνεται τόσο το  $d_1$  όσο και το  $d_2$  και συμπεριφέρονται με αρνητική διάθεση. Αυτό συμβαίνει, καθώς τα  $N(d_1)$  και  $N(d_2)$  είναι πολύ κοντά στο μηδέν και η εξίσωση (1) δίνει μια τιμή του δικαιώματος αγοράς κοντά στο μηδέν.

Η μόνη δυσκολία που συναντάμε είναι ο υπολογισμός της αθροιστικής κανονικής συνάρτησης κατανομής  $N$ . Μια πολυωνυμική προσέγγιση με ακρίβεια έξι δεκαδικών ψηφίων είναι:

$$N(x) = \begin{cases} 1 - N'(x)(a_1k + a_2k^2 + a_3k^3 + a_4k^4 + a_5k^5), & x \geq 0 \\ 1 - N(-x), & x < 0 \end{cases}$$

## 4.2 Τα ελληνικά γράμματα και το μοντέλο Black & Scholes

Το υπόδειγμα αποτίμησης των δικαιωμάτων αγοράς και πώλησης των Black & Scholes είναι συναρτήσεις πέντε μεταβλητών: της τιμής του υποκείμενου τίτλου, της τιμής εξάσκησης, της χρονικής διάρκειας, της μεταβλητότητας των

αποδόσεων των τιμών του υποκείμενου τίτλου και του ακίνδυνου επιτοκίου.

Τα ελληνικά γράμματα (greek letters), χρησιμοποιήθηκαν για να μετρήσουν την ευαισθησία της τιμής του υποκείμενου τίτλου. Κάθε ελληνικό γράμμα μετρά το μέγεθος του κινδύνου ενός παραγώγου ή χαρτοφυλακίου από μία διαφορετική διάσταση.

- **Συντελεστής «δέλτα» (delta)**

Με την παραδοχή πως η αξία του δικαιώματος αυξάνεται όσο αυξάνεται και η τιμή του υποκείμενου τίτλου, μπορούμε να μετρήσουμε την ευαισθησία της τιμής του δικαιώματος στις μεταβολές της τιμής του υποκείμενου τίτλου. Η ευαισθησία αυτή ονομάζεται δέλτα του δικαιώματος και ισούται με την σωρευτική πιθανότητα που αξιολογείται στο  $d_1$ :

$$\delta = \frac{\theta C}{\theta S} = N(d_1)$$

Επομένως, το δέλτα του δικαιώματος αγοράς θα είναι πάντα θετικό.

Αντίστοιχα, για ένα δικαίωμα πώλησης ισχύει:

$$\delta_{\pi} = N(d_1) - 1$$

Η τιμή του δέλτα είναι μια σημαντική μεταβλητή που πρέπει να μελετηθεί όταν λαμβάνονται αποφάσεις για αντιστάθμιση με χρήση δικαιωμάτων. Αυτό συμβαίνει καθώς η δέλτα μπορεί να δείξει την μεταβολή στην τιμή του δικαιώματος αγοράς που προκύπτει από την μεταβολή της τιμής της μετοχής.

- **Συντελεστής «γάμμα» (gamma)**

Αναπαριστά την μεταβολή του συντελεστή  $\delta$  συναρτήσεως των μεταβολών στην τρέχουσα αξία του υποκείμενου τίτλου. Η τιμή του δικαιώματος αυξάνεται όσο αυξάνεται και η τιμή του υποκείμενου τίτλου. Ο συντελεστής γάμμα ισούται με:

$$\delta = \frac{\partial \delta}{\partial S}$$



Για μικρές τιμές του συντελεστή  $\gamma$ , ο συντελεστής  $\delta$  θα παρουσιάσει περιορισμένες μεταβολές στην περίπτωση που μεταβληθεί η αξία του υποκείμενου προϊόντος. Αντίθετα, για υψηλές τιμές του συντελεστή  $\gamma$ , ο  $\delta$  παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία σε μεταβολές της αξίας του υποκείμενου προϊόντος.

- **Συντελεστής  $\nu$  (vega)**

Εκφράζει τη σχέση μεταξύ της αξίας του δικαιώματος και της μεταβλητότητας του υποκείμενου τίτλου:

$$\nu = \delta = \frac{\partial C}{\partial \sigma}$$

Σε αντίθεση με τους προηγούμενους συντελεστές ευαισθησίας, ο συντελεστής  $\nu$  δεν εξετάζει την ευαισθησία της αξίας ενός δικαιώματος σε σχέση με κάποια μεταβλητή, αλλά σε σχέση με μία παράμετρο του μοντέλου των Black & Scholes. Επιπλέον, είναι πάντα θετικός, καθώς κάθε αύξηση ή μείωση της μεταβλητότητας επιφέρει αύξηση ή μείωση αντίστοιχα στην αξία των δικαιωμάτων.

- **Συντελεστής «θήτα» (theta)**

Μέσω αυτού μπορούμε να δείξουμε την μεταβολή στην αξία του δικαιώματος σε συνάρτηση με τον χρόνο. Ο συντελεστής  $\theta$  συνδέεται άμεσα με την ευαισθησία της αξίας του δικαιώματος σε σχέση με τον χρόνο μέχρι τη λήξη του.

$$\theta = \frac{\partial C}{\partial t}$$

Με την πάροδο του χρόνου, το χρονικό διάστημα  $t$  μέχρι τη λήξη του δικαιώματος μειώνεται. Έτσι, ο συντελεστής  $\theta$  είναι πάντα αρνητικός.

- **Συντελεστής «ρο» (rho)**

Εκφράζει τις μεταβολές στην αξία του δικαιώματος σε σχέση με τις μεταβολές στο επιτόκιο. Ο συντελεστής  $\rho$  ισούται με:

$$\rho = \frac{\partial C}{\partial r}$$

Στην περίπτωση αγοράς δικαιωμάτων πώλησης, ο συντελεστής  $\alpha$  είναι αρνητικός, καθώς αύξηση των επιτοκίων σημαίνει μείωση της αξίας του δικαιώματος πώλησης.

### 4.3 Το διωνυμικό μοντέλο

Το διωνυμικό υπόδειγμα (binomial model) περιέχει τα ελάχιστα απαραίτητα στοιχεία για να αναδείξει τις βασικές αρχές τιμολόγησης no-arbitrage και της αντιστάθμισης κινδύνου (hedging) σε πλήρεις αγορές (complete markets). Έστω ότι σε κάποια χρονική στιγμή  $t$  ένα χαρτοφυλάκιο συνδυάζει την έκδοση ενός ΔΑ και την αγορά  $\alpha$  τεμαχίων του υποκείμενου προϊόντος. Η αξία του ΔΑ είναι  $C$ , έχει τιμή εξάσκησης και λήγει μετά από μία χρονική περίοδο. Η αξία του υποκείμενου προϊόντος στη δεδομένη χρονική στιγμή  $t$  είναι  $S$ . Κατά τη χρονική περίοδο μέχρι τη λήξη του ΔΑ η αξία του υποκείμενου προϊόντος μπορεί να αυξηθεί στην τιμή  $uS$  ή να μειωθεί στην τιμή  $dS$ , όπου οι συντελεστές  $u$  και  $d$  προσδιορίζονται με βάση τις αντίστοιχες λογαριθμικές αποδόσεις. Οι ταμειακές ροές του χαρτοφυλακίου στη λήξη του ΔΑ παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. Στον πίνακα αυτό ως  $C_u$  ( $C_d$ ) συμβολίζεται η αξία του ΔΑ στην περίπτωση που αυξηθεί (μειωθεί) η τιμή του υποκείμενου προϊόντος. Βάσει της ανάλυσης που έχει πραγματοποιηθεί για την αξία ενός ΔΑ,

τα  $C_u$  και  $C_d$  υπολογίζονται ως εξής:  $C_u = \max\{0, uS - E\}$  και  $C_d = \max\{0, dS - E\}$ .

Έστω ότι ο επενδυτής ενδιαφέρεται να συνθέσει το χαρτοφυλάκιο του έτσι ώστε το αποτέλεσμα της επένδυσης στη λήξη να μην επηρεάζεται από μεταβολές στην τιμή του υποκείμενου προϊόντος. Ένα τέτοιο χαρτοφυλάκιο λέγεται ότι αντισταθμίζει τον κίνδυνο (hedged portfolio). Για ένα τέτοιο χαρτοφυλάκιο πρέπει:

$$-C_u + \alpha uS = -C_d + \alpha dS \leftrightarrow \alpha = \frac{C_u - C_d}{S(u - d)}$$

Ο λόγος αυτός προσδιορίζει τον αριθμό των τεμαχίων του υποκείμενου προϊόντος που πρέπει να αγοραστούν ώστε τα

αποτελέσματα του χαρτοφυλακίου να μην επηρεάζονται από τις μεταβολές στην τιμή του υποκείμενου προϊόντος και αναφέρεται ως συντελεστής αντιστάθμισης κινδύνου (hedge ratio). Το βέβαιο αποτέλεσμα που αποφέρει με τον τρόπο αυτό το παραπάνω χαρτοφυλάκιο μπορεί να επιτευχθεί και με την επένδυση κάποιου κεφαλαίου για το χρονικό διάστημα μέχρι τη λήξη του ΔΑ, με ένα σταθερό επιτόκιο  $i$  (απόδοση ενός ακίνδυνου χρεογράφου, πχ. ενός εντόκου γραμματίου του δημοσίου). Το κεφάλαιο  $X$  που θα πρέπει να επενδυθεί είναι:

$$X = \frac{-C_u + auS}{1+i} = \frac{-C_d + adS}{1+i}$$

Εφόσον υπάρχουν δύο τρόποι (χαρτοφυλάκιο ή επένδυση) για να επιτευχθεί το ίδιο αποτέλεσμα θα πρέπει η παρούσα αξία τους να είναι ίση, διαφορετικά θα υπάρχει δυνατότητα πραγματοποίησης άμεσου κέρδους, δηλαδή μια ανισορροπία η οποία δεν μπορεί να διαρκέσει πολύ. Συνεπώς, θα πρέπει:

$$C - aS = -X \leftrightarrow C - aS = \frac{-C_d + adS}{1+i} \leftrightarrow C = \frac{a(1+i)S + C_d + adS}{1+i}$$

Λύνουμε ως προς  $C$  και χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση για το  $a$ , έχουμε τελικά:

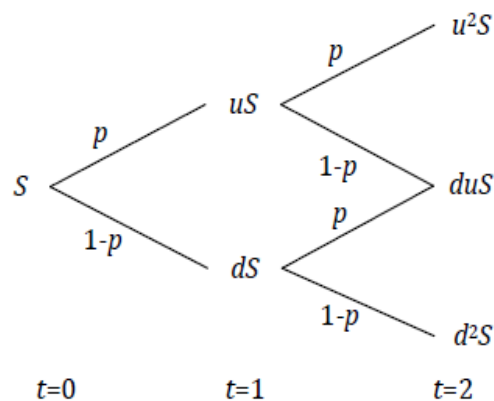
$$C = \frac{C_u \frac{(1+i) - d}{u-d} + C_d \frac{u - (1+i)}{u-d}}{1+i}$$

Θέτοντας  $r=1+i$  και  $p=(r-d)/(u-d)$ , η παραπάνω σχέση απλοποιείται ως εξής:

$$C = \frac{C_u p + C_d(1-p)}{r}$$

Αυτή η σχέση προσδιορίζει την αξία του ΔΑ όταν απομένει μια χρονική περίοδος μέχρι τη λήξη του. Βάσει της σχέσης αυτής

και ακολουθώντας την ίδια συλλογιστική είναι δυνατή η αποτίμηση του ΔΑ κάθε χρονική στιγμή πριν τη λήξη του και βέβαια στη χρονική στιγμή 0. Η ανάλυση γίνεται καλύτερα κατανοητή εάν προηγουμένως επεκταθεί στην περίπτωση όπου η αποτίμηση πραγματοποιείται όταν απομένουν δύο χρονικές περιόδοι μέχρι τη λήξη του ΔΑ. Στην περίπτωση αυτή η πορεία της μετοχής μέχρι τη λήξη του ΔΑ αποδίδεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 4.1: Η πορεία της μετοχής μέχρι τη λήξη του ΔΑ

Στην ανάλυση θα χρησιμοποιηθούν οι εξής συμβολισμοί:

- $C_{u^2}$  είναι η αξία του ΔΑ στη λήξη των δύο περιόδων όταν η τιμή του υποκείμενου προϊόντος παρουσιάσει άνοδο και στις δύο περιόδους,  $C_{u^2} = \max\{0, u^2S - E\}$
- $C_{ud}$  είναι η αξία του ΔΑ στη λήξη των δύο περιόδων όταν η τιμή του υποκείμενου προϊόντος παρουσιάσει μία άνοδο και μία πτώση,  $C_{ud} = \max\{0, udS - E\}$
- $C_{d^2}$  είναι η αξία του ΔΑ στη λήξη των δύο περιόδων όταν η τιμή του υποκείμενου προϊόντος παρουσιάσει πτώση και στις δύο περιόδους,  $C_{d^2} = \max\{0, d^2S - E\}$

Χρησιμοποιώντας την τελευταία σχέση μπορεί να υπολογιστεί η αξία του ΔΑ κατά τη χρονική στιγμή  $t=1$ , δηλαδή μια χρονική περίοδο πριν από την λήξη. Η χρήση της τελευταίας σχέσης πρέπει να γίνει δύο φορές, μια για κάθε κόμβο του δένδρου του σχήματος τη χρονική στιγμή  $t=1$ . Ο πρώτος κόμβος αφορά την περίπτωση όπου η τιμή της μετοχής αυξηθεί κατά τη χρονική

περίοδο μεταξύ  $t=0$  και  $t=1$ , ενώ ο δεύτερος κόμβος αφορά την περίπτωση όπου η τιμή της μετοχής μειωθεί κατά τη χρονική περίοδο μεταξύ  $t=0$  και  $t=1$ . Οι αντίστοιχες αξίες του ΔΑ που υπολογίζονται συμβολίζονται ως  $C_u$  και  $C_d$  αντίστοιχα για την άνοδο και την πτώση.

$$C_u = \frac{pC_{u^2} + (1-p)C_{ud}}{r}$$

$$C_d = \frac{pC_{ud} + (1-p)C_{d^2}}{r}$$

Τώρα μπορούμε να υπολογίσουμε την αξία του δικαιώματος στη χρονική στιγμή  $t=0$ . Χρησιμοποιώντας και πάλι την ίδια σχέση έχουμε:

$$C = \frac{p \frac{pC_{u^2} + (1-p)C_{ud}}{r} + (1-p) \frac{pC_{ud} + (1-p)C_{d^2}}{r}}{r}$$

Με την ίδια ακριβώς διαδικασία μπορεί να καθοριστεί η αξία του ΔΑ εάν απομένουν τρεις χρονικές περιόδους μέχρι τη λήξη του, η οποία βρίσκεται ότι είναι:

$$C = \frac{p^3 C_{u^3} + 3p^2(1-p)C_{u^2d} + 3p(1-p)^2 C_{ud^2} + (1-p)^3 C_{d^3}}{r^3}$$

όπου:

- $C_{u^3}(C_{d^3})$  είναι η αξία του ΔΑ στη λήξη των τριών περιόδων όταν το υποκείμενο προϊόν παρουσιάσει άνοδο (πτώση) και στις τρεις περιόδους,  $C_{u^3} = \max\{0, u^3S - E\}$ ,  $C_{d^3} = \max\{0, d^3S - E\}$  και
- $C_{u^2d}(C_{ud^2})$  είναι η αξία του ΔΑ στη λήξη των τριών περιόδων όταν το υποκείμενο προϊόν παρουσιάσει δύο ανόδους (πτώσεις) στις τρεις περιόδους  $C_{u^2d} = \max\{0, u^2dS - E\}$ ,  $C_{ud^2} = \max\{0, ud^2S - E\}$

Για τη γενίκευση των παραπάνω αποτελεσμάτων, έστω ότι απομένουν  $n$  περίοδοι μέχρι τη λήξη του ΔΑ. Τότε το πλήθος των διαδρομών πάνω στο διωνυμικό δέντρο που μπορούν να οδηγήσουν σε  $j$  ανόδους είναι:  $n!/[j!(n-j)!]$ . Δεδομένου ότι εμφανίζονται  $j$  άνοδοι στην αξία του υποκείμενου προϊόντος και  $n-j$  πτώσεις, η αξία του ΔΑ στη λήξη του θα είναι ίση με  $C_{u^j d^{n-j}} = \max\{0, u^j d^{n-j} S - E\}$ . Συνεπώς, η έκφραση του  $C$  μπορεί να γίνει ως εξής:

$$C = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \max\{0, u^j d^{n-j} S - E\}}{r^n}$$

Επιπλέον, πρέπει να παρατηρηθεί ότι προκειμένου το ΔΑ να έχει αξία κατά τη λήξη θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ένας ελάχιστος αριθμός ανόδων του υποκείμενου προϊόντος, ώστε η αξία του να υπερβαίνει την τιμή εξάσκησης του δικαιώματος. Δεδομένου λοιπόν ότι απαιτούνται  $k$  αυξήσεις στην τιμή του υποκείμενου προϊόντος προκειμένου το ΔΑ να έχει αξία στη λήξη του, η σχέση για το  $C$  διαμορφώνεται ως εξής:

$$C = \frac{\sum_{j=k}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} (u^j d^{n-j} S - E)}{r^n} =$$

$$S \left[ \sum_{j=k}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} \frac{(pu)^j [(1-p)d]^{n-j}}{r^n} \right]$$

$$- Er^{-n} \left[ \sum_{j=k}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \right]$$

Ο δεύτερος όρος στις αγκύλες αντιστοιχεί στην αθροιστική διωνυμική κατανομή  $B[k, n, p]$  και αναπαριστά την πιθανότητα να υπάρξουν τουλάχιστον  $k$  αυξήσεις στην τιμή του υποκείμενου προϊόντος στις  $n$  χρονικές περιόδους όταν η πιθανότητα εμφάνισης μιας ανόδου είναι  $p = (r-d)/(u-d)$ .

Επιπλέον, ο πρώτος όρος της παραπάνω σχέσης που εμφανίζεται σε αγκύλες, μπορεί επίσης να ερμηνευτεί σύμφωνα με την αθροιστική διωνυμική κατανομή. Συγκεκριμένα, το πηλίκο στο άθροισμα μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$\frac{(pu)^j [(1-p)d]^{n-j}}{r^n} = \left(\frac{pu}{r}\right)^j \left[\frac{(1-p)d}{r}\right]^{n-j}$$

Θέτοντας  $p' = pu/r$  και δεδομένου ότι  $p = (r-d)/(u-d)$ , προκύπτει ότι:

$$\begin{aligned} 1-p' &= 1 - \frac{pu}{r} = 1 - \frac{u(r-d)}{r(u-d)} = 1 - \frac{ur-rd}{ur-dr} = \frac{ur-rd-ur+ud}{ur-dr} = \\ &= \frac{d}{r} \left(\frac{u-r}{u-d}\right) = \frac{d}{r} \left(\frac{u-d-r+d}{u-d}\right) = \frac{d}{r} \left(1 - \frac{r-d}{u-d}\right) = \frac{d}{r} (1-p) \end{aligned}$$

Συνεπώς:  $\left(\frac{pu}{r}\right)^j \left[\frac{(1-p)d}{r}\right]^{n-j} = p'^j (1-p')^{n-j}$

Άρα και αυτό το άθροισμα αντιστοιχεί στην αθροιστική διωνυμική κατανομή και αναπαριστά την πιθανότητα να υπάρξουν τουλάχιστον  $k$  αυξήσεις στην τιμή του υποκείμενου προϊόντος στις  $n$  χρονικές περιόδους όταν η πιθανότητα εμφάνισης μιας ανόδου είναι  $p'$ . Άρα η αξία του ΔΑ όταν απομένουν  $n$  χρονικές περίοδοι μέχρι τη λήξη του και δεδομένου ότι η παρούσα αξία του υποκείμενου προϊόντος είναι  $S$ , δίνεται από τη σχέση:

$$C = SB[k, n, p'] - Er^{-n}B[k, n, p]$$

Η σχέση αυτή αποτελεί την μαθηματική έκφραση του διωνυμικού μοντέλου αποτίμησης ΔΑ. Για τον υπολογισμό της αξίας ενός ΔΑ μέσω του διωνυμικού μοντέλου απαιτείται ο προσδιορισμός των  $B[k, n, p]$  και  $B[k, n, p']$ . Όπως παρουσιάστηκε προηγούμενα, οι όροι αυτοί μπορούν να υπολογιστούν μέσω των πινάκων της διωνυμικής κατανομής.

Αυτό όμως απαιτεί τον καθορισμό των  $p'$  και  $p$ , ο οποίος με τη σειρά του βασίζεται στον προσδιορισμό των  $u$  και  $d$ . Τα δύο αυτά μεγέθη καθορίζονται βάσει των σχέσεων:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\tau/n}} \quad \& \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\tau/n}}$$

όπου:

- $\tau$  είναι η χρονική περίοδος μέχρι τη λήξη του ΔΑ εκφρασμένη σε έτη,
- $n$  είναι το πλήθος των διακριτών περιόδων που χρησιμοποιούνται στο διωνυμικό μοντέλο,
- $\sigma$  είναι η ετησιοποιημένη τυπική απόκλιση των λογαριθμικών αποδόσεων του υποκείμενου προϊόντος. Εάν τα διαθέσιμα στοιχεία για τις αποδόσεις του υποκείμενου προϊόντος αναφέρονται σε ημερήσια βάση, τότε η ετήσια τυπική απόκλιση προκύπτει από την ημερήσια τυπική απόκλιση  $\sigma_H$ , ως  $\sigma = \sigma_H \sqrt{250}$ . Αντίστοιχα, από την εβδομαδιαία τυπική απόκλιση  $\sigma_E$ , η ετήσια προκύπτει ως  $\sigma = \sigma_E \sqrt{52}$ .

Επιπλέον, κατά τη χρησιμοποίηση του διωνυμικού μοντέλου θα πρέπει να δοθεί προσοχή στη χρήση της απόδοσης  $i$  του ακίνδυνου χρεογράφου, η οποία καθορίζει την παράμετρο  $r$ . Σε κάθε στάδιο της ανάπτυξης του διωνυμικού δέντρου χρησιμοποιείται η απόδοση  $i$ , η οποία αφορά τη χρονική περίοδο μεταξύ δύο διαδοχικών επιπέδων του δέντρου. Έστω ότι το διωνυμικό μοντέλο χρησιμοποιείται για την αποτίμηση ενός ΔΑ για το οποίο απομένει χρονική περίοδος  $\tau$  (σε έτη) μέχρι τη λήξη του, η οποία αναλύεται σε  $n$  επιμέρους χρονικές περιόδους. Τότε στο διωνυμικό μοντέλο η απόδοση  $i$  θα πρέπει να αντιστοιχεί σε κάθε μία από τις  $n$  περιόδους. Συνήθως όμως το στοιχείο που είναι διαθέσιμο είναι η ετήσια απόδοση  $i_E$  ενός ακίνδυνου χρεογράφου. Η ισοδύναμη απόδοση του ακίνδυνου χρεογράφου για την περίοδο  $\tau$  είναι:



$$(1 + i_\tau)^{1/\tau} = 1 + i_E \leftrightarrow i_\tau = (1 + i_E)^\tau - 1$$

Θα πρέπει λοιπόν η απόδοση  $i$  να υπολογιστεί ως η ισοδύναμη απόδοση της  $i_\tau$ , χρησιμοποιώντας το σύστημα ανατοκισμού:

$$(1 + i)^n = 1 + i_\tau = 1 + [(1 + i_E)^\tau - 1] = (1 + i_E)^\tau \leftrightarrow i = (1 + i_E)^{\tau/n} - 1$$

Επομένως, η παράμετρος  $r$  του διωνυμικού μοντέλου καθορίζεται ως:

$$r = 1 + i = (1 + i_E)^{\tau/n}$$

Τέλος, σημειώνεται ότι χρησιμοποιώντας την αξία  $C$  ενός ΔΑ που προσδιορίζεται από το διωνυμικό μοντέλο και τη σχέση που συνδέει την αξία των ΔΑ με την αξία των ΔΠ, μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί η αξία ενός ΔΠ ως:

$$C = S + P - Er^{-n} \leftrightarrow P = C - S + Er^{-n}$$

#### 4.4 Ισοτιμία δικαιωμάτων Πώλησης - Αγοράς (Put – Call Parity)

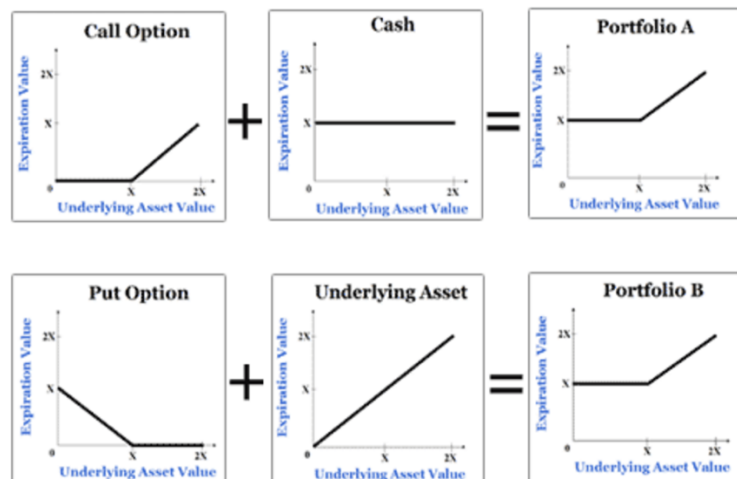
Παρότι τα δικαιώματα αγοράς και πώλησης διαπραγματεύονται ξεχωριστά το ένα από το άλλο στο χρηματιστήριο παραγώγων, δε σημαίνει απαραίτητα πως και οι τιμές τους είναι ανεξάρτητες. Υπάρχει θεωρητική σχέση, η οποία συνδέει την τιμή ενός ευρωπαϊκού δικαιώματος αγοράς με την τιμή ενός ευρωπαϊκού δικαιώματος πώλησης με την ίδια τιμή πώλησης και την ίδια ημερομηνία λήξης. Η θεωρητική αυτή σχέση ονομάζεται **ισοτιμία δικαιωμάτων αγοράς – πώλησης (call – put parity)** και έχει ύψιστη σημασία για την ανάλυση και αποτίμηση των δικαιωμάτων προαίρεσης. Η εξίσωση που εκφράζει την Put – Call Parity είναι:

$$C + PV(x) = P + S$$

όπου

- C: η τιμή του ευρωπαϊκού δικαιώματος αγοράς
- PV(x): (Present Value) η παρούσα αξία της τιμής εξάσκησης (x), προεξοφλημένη από την αξία κατά την ημερομηνία εξάσκησης σε επιτόκιο μηδενικού κινδύνου
- P: η τιμή του ευρωπαϊκού δικαιώματος πώλησης
- S: η παρούσα αγοραστική αξία του υποκείμενου προϊόντος (spot price)

Αρχικά, ας θεωρήσουμε τα δύο χαρτοφυλάκια A και B. Το χαρτοφυλάκιο A αποτελείται από ένα ευρωπαϊκό δικαίωμα αγοράς και μετρητά αξίας ίσης με αυτή του αριθμού των δικαιωμάτων που καλύπτονται από το δικαίωμα αγοράς τα οποία πολλαπλασιάζονται με την τιμή εξάσκησης του δικαιώματος αγοράς. Το χαρτοφυλάκιο B αποτελείται από ένα ευρωπαϊκό δικαίωμα πώλησης και από το υποκείμενο προϊόν.



Εικόνα 4.1: Ισοτιμία Put-Call (Put-Call Parity)

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την ισοτιμία Put-Call παραθέτουμε το επόμενο παράδειγμα:

Έστω δύο υποθετικά χαρτοφυλάκια:

**Χαρτοφυλάκιο Α:** Ένα ευρωπαϊκό δικαίωμα αγοράς και ένα ποσό μετρητών ίσο με:

$$Ke^{-rt}$$

**Χαρτοφυλάκιο Γ:** Ένα ευρωπαϊκό δικαίωμα πώλησης και μία μετοχή.

Η αξία και των δύο χαρτοφυλακίων είναι  $\max(S_T, K)$  κατά την λήξη των δικαιωμάτων. Λόγω του ότι και τα δύο δικαιώματα στα χαρτοφυλάκια είναι ευρωπαϊκά δεν μπορούν να ασκηθούν πριν την λήξη τους και επομένως τα δύο χαρτοφυλάκια θα πρέπει να έχουν σήμερα την ίδια αξία. Έτσι, προκύπτει η ισοτιμία τιμής δικαιώματος αγοράς και πώλησης:

$$c + Ke^{-rt} = p + S_0$$

Θα θεωρήσουμε δύο διαφορετικές περιπτώσεις:

Έστω ότι οι πιθανές τιμές για τα δικαιώματα αγοράς και πώλησης είναι \$3 και \$2.25 αντίστοιχα. Αντικαθιστώντας τις συγκεκριμένες τιμές στην παραπάνω σχέση ισοτιμίας προκύπτει:

$$\$3 + \$30e^{-0.1 \times 3/12} = \$32.26 \neq \$2.25 + \$31 = \$33.25$$

Η σχέση ισοτιμίας δεν ισχύει και το δικαίωμα πώλησης είναι υπερτιμημένο σε σχέση με το δικαίωμα αγοράς. Σε αυτή την περίπτωση, η επενδυτική στρατηγική κερδοσκοπίας ορίζει στον επενδυτή να λάβει θέση πώλησης (short position) στο υπερτιμημένο προϊόν, δηλαδή στο δικαίωμα πώλησης και να αγοράσει (long position) το δικαίωμα αγοράς, επενδύοντας ταυτόχρονα τα χρήματα από την θέση πώλησης στο δικαίωμα πώλησης στην μετοχή με συνολική χρηματική ροή:

$$-3+2.25+31 = \$30.25$$

Στη λήξη των δικαιωμάτων, ο επενδυτής θα εισπράξει:

$$30.25e^{0.1 \times 0.25} = \$31.02$$

Συνεπώς, είτε η τιμή της μετοχής κινηθεί σε τιμές άνω των \$30 είτε σε τιμές κάτω των \$30, ο επενδυτής θα ασκήσει είτε το δικαίωμα αγοράς είτε το δικαίωμα πώλησης και θα εξασφαλίσει καθαρό κέρδος:

$$\$31.02 - 30 = \$1.02$$

Στην περίπτωση τώρα που οι δύο τιμές των δικαιωμάτων αγοράς και πώλησης είναι \$3 και \$1 αντίστοιχα, κάνοντας την αντικατάσταση στη σχέση ισοτιμίας προκύπτει:

$$3 + 30e^{-0.1 \times 0.25} = \$32.26 \neq 1 + 31 = \$32$$

Η σχέση της ισοτιμίας δεν επαληθεύεται διότι το δικαίωμα πώλησης είναι υπερτιμημένο σε σχέση με αυτό της αγοράς. Στη περίπτωση αυτή και πάλι, η επενδυτική στρατηγική κερδοσκοπίας ορίζει ότι ο επενδυτής πρέπει να πάρει θέση πώλησης (short position) στο υπερτιμημένο προϊόν, δηλαδή στο δικαίωμα αγοράς και να αγοράσει (long position) το δικαίωμα πώλησης, αλλά και την μετοχή με αρχικό κεφάλαιο:

$$\$31 + \$1 - \$3 = \$29$$

Στον παρακάτω πίνακα θα παρουσιάσουμε τις ευκαιρίες κερδοσκοπίας (arbitrage), όταν η ισοτιμία δικαιώματος πώλησης – αγοράς δεν ισχύει. Στοιχεία:

- Τιμή μετοχής ( $S_T$ )=\$31
- Επιτόκιο χωρίς ρίσκο ( $r$ )=10%
- Τιμή δικαιώματος αγοράς=\$3

- Τα δύο δικαιώματα έχουν τιμή άσκησης: \$30 και λήξη σε 3 μήνες.

Τιμή δικαιώματος πώλησης 3 μηνών/ \$2.25	Τιμή δικαιώματος πώλησης 3 μηνών/ \$1
<p><b>Πράξη σήμερα:</b> Αγορά δικαιώματος αγοράς για \$3</p> <p>Θέση πώλησης στο δικαίωμα πώλησης για: \$2.25</p> <p>Πώληση μετοχής για \$30</p> <p>Επένδυση \$30.25 για 3 μήνες</p>	<p><b>Πράξη σήμερα:</b> Δανεισμός \$29 για 3 μήνες</p> <p>Θέση πώλησης στο δικαίωμα αγοράς, Εισπραξη: \$3</p> <p>Αγορά δικαιώματος πώλησης για \$1</p> <p>Αγορά μετοχής προς \$31</p>
<p><b>Πράξη σε 3 μήνες εαν <math>S_T &gt; \\$30</math>:</b></p> <p>Εισπραξη \$31.02 από την επένδυση</p> <p>Άσκηση δικαιώματος αγοράς μετοχής για \$30</p> <p>Καθαρό κέρδος: \$1.02</p>	<p><b>Πράξη σε 3 μήνες εαν <math>S_T &gt; \\$30</math>:</b></p> <p>Άσκηση δικαιώματος αγοράς, πώληση μετοχής για \$30</p> <p>Χρήση \$29.73 για αποπληρωμή δανείου</p>
<p><b>Πράξη σε 3 μήνες εαν <math>S_T &lt; \\$30</math>:</b></p> <p>Εισπραξη \$31.02 από την επένδυση</p> <p>Άσκηση δικαιώματος πώλησης μετοχής για \$30</p> <p>Καθαρό κέρδος: \$1.02</p>	<p><b>Πράξη σε 3 μήνες εαν <math>S_T &lt; \\$30</math>:</b></p> <p>Άσκηση δικαιώματος πώλησης, πώληση μετοχής για \$30</p> <p>Χρήση \$29.73 για αποπληρωμή δανείου</p> <p>Καθαρό κέρδος: \$0.27</p>

Πίνακας 4.1 Συνοπτική παρουσίαση παραδείγματος

Στην περίπτωση που αυτό το κεφάλαιο γίνει διαθέσιμο μέσω δανεισμού σε τρεις μήνες, το κεφάλαιο για την επένδυση θα ισούται με:

$$29e^{0.1 \times 0.25} = \$29.73$$

Είτε η τιμή της μετοχής κινηθεί σε επίπεδα άνω των \$30 είτε σε επίπεδα κάτω των \$30, ο επενδυτής θα ασκήσει είτε το δικαίωμα πώλησης είτε το δικαίωμα αγοράς και θα εξασφαλίσει καθαρό κέρδος:

$$\$30 - \$29.73 = \$0.27$$

Τέλος, όσον αφορά τα δικαιώματα αμερικάνικου τύπου, υπάρχει αντίστοιχη σχέση, όταν η υποκείμενη μετοχή δεν αποκόπει μέρισμα:

$$S_0 - K \leq C - P \leq S_0 - Ke^{-rt}$$

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- F. Black and M. Scholes: “The Pricing of Options and Corporate Liabilities”, *Journal of Political Economy*, May 1973

## Κεφάλαιο 5

### Προϊοντική ανάλυση ενεργειακών παραγώγων

#### 5.1 Ανάλυση παράγωγων συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας

Η ανάλυση των χρηματοοικονομικών παραγώγων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι σύνθετη, καθώς απαιτεί το διαχωρισμό τους σε χρηματοοικονομικά δικαιώματα και προθεσμιακές συναλλαγές. Εξίσου σημαντική και σύνθετη με την ανάλυση, είναι και η τιμολόγηση των παραγώγων. Λόγω της διαφορετικότητας των ενεργειακών αγορών από τις χρηματαγορές, η εξεύρεση και η κατασκευή υποδειγμάτων τιμολόγησης και διαχείρισης κινδύνου είναι δύσκολη. Συνεπώς, οι υπολογισμοί των τιμών στηρίζονται σε διαφορετικές τεχνικές από αυτή των Black & Scholes. Συγκεκριμένα, οι στοχαστικές διαδικασίες και τα υποδείγματα που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση των προθεσμιακών συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας είναι: το υπόδειγμα λογαριθμικής-κανονικής τιμής (Log-normal price model), τα υποδείγματα αναστροφής στον μέσο (Mean-reverting models) και τα υποδείγματα δύο και τριών παραγόντων (two and three factor models). Για τα δικαιώματα προαίρεσης χρησιμοποιούνται το διωνυμικό και τριωνυμικό υπόδειγμα αποτίμησης (Binomial and trinomial option pricing model).

#### 5.2 Οι αγορές διαπραγμάτευσης παράγωγων συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας

Η χρηματιστηριακή αγορά που εισήγαγε πρώτη τα προθεσμιακά συμβόλαια ηλεκτρικής ενέργειας ήταν αυτή της Νέας Υόρκης (NYMEX) το 1996, η οποία στη συνέχεια εισήγαγε και τα δικαιώματα πάνω στα προθεσμιακά συμβόλαια (options on futures). Στο NYMEX διαπραγματεύονται κατά μέσο όρο πάνω από 10.000 συμβόλαια την εβδομάδα.



Για τη δημιουργία των πρώτων προθεσμιακών συμβολαίων ενέργειας το NYMEX συνεργάστηκε στενά με τις βιομηχανίες ενέργειας των δυτικών πολιτειών, θεσπίζοντας πρακτικές και χαρακτηριστικά των συμβολαίων κοινά με τα ισχύοντα στις συγκεκριμένες πολιτείες. Παράλληλα, εξαιτίας του ότι τα χρηματιστηριακά συμβόλαια συνδέονται με ένα υποκείμενο προϊόν, ήταν επιτακτική η ανάγκη ύπαρξης ενός σημείου παράδοσης (delivery point) της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα δύο σημεία που ορίστηκαν είναι τα σύνορα Καλιφόρνιας - Όρεγκον και το Palo Verde, λόγω του ότι αποτελούσαν ήδη βασικά σημεία παράδοσης αλλά και γιατί συνδέονται άμεσα και ικανοποιούν τις απαιτήσεις ενός κομβικού σημείου της δυτικής αγοράς ενέργειας των ΗΠΑ, της Καλιφόρνιας. Επιπλέον, έχει αναπτύξει δυο νέα προθεσμιακά συμβόλαια, το συμβόλαιο "Cinergy", που χρησιμοποιείται για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας των Κεντροανατολικών Πολιτειών, και το συμβόλαιο "Entergy", για την αγορά των Νότιων Πολιτειών.

Τη NYMEX ακολούθησαν και άλλες οργανωμένες αγορές, οι οποίες εισήγαγαν προς διαπραγμάτευση παράγωγα συμβόλαια ηλεκτρικής ενέργειας. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η πρώτη οργανωμένη αγορά που προσφέρει ηλεκτρονική διαπραγμάτευση συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας στις σκανδιναβικές αγορές ενέργειας είναι η Nord Pool. Τα συμβόλαια που προσφέρει η Nord Pool είναι τα "Elsport" (τυποποιημένα φυσικά συμβόλαια για ενέργεια ανά ώρα με παράδοση μέσα σε 24 ώρες, διαπραγματευόμενα σε ημερήσια βάση), τα "Eltermin" (προθεσμιακά συμβόλαια, με ημερήσια καταβολή της μεταβολής της αξίας τους από την προηγούμενη ημέρα) και τα συμβόλαια προθεσμιακών πράξεων.

### **5.3 Τύποι παράγωγων συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας**

Λόγω των χαρακτηριστικών της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας που αναλύσαμε στο δεύτερο κεφάλαιο και συγκεκριμένα οι δυσκολίες που σχετίζονται με τη μεταφορά, τη διανομή και την παραγωγή, καθώς και διάφορες οικολογικές παράμετροι, δεν είναι δυνατή η ίση αποτίμηση του συνόλου της

ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, διαθέτουν ως προμηθευτές ένα ευρύ και ανομοιόμορφο καταναλωτικό δίκτυο (για εμπορική/ βιομηχανική χρήση και για οικιακή χρήση), γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει πλήθος διαφορετικών συμβολαίων ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, οι συναλλαγές στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα περίπλοκες και ευμετάβλητες.

Οι επιλογές για έναν επενδυτή είναι οι εξής:

- Αγορά ή πώληση μιας σταθερής ή ακαθόριστης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια σταθερή ή κυμαινόμενη τιμή, σε μια προκαθορισμένη μελλοντική χρονική στιγμή.
- Αγορά ή πώληση μιας σταθερής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια σταθερή ή κυμαινόμενη τιμή, με βάση μια ελάχιστη ή μέγιστη σε μια προκαθορισμένη μελλοντική χρονική στιγμή
- Αγορά ή πώληση μιας σταθερής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια σταθερή ή κυμαινόμενη τιμή, με ρήτρα για δυνατότητα διακοπής της συναλλαγής.
- Αγορά ή πώληση μιας σταθερής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια σταθερή ή κυμαινόμενη τιμή, με ρήτρα για δυνατότητα διακοπής της συναλλαγής, η οποία όμως μπορεί να ακυρωθεί σε μια υψηλότερη τιμή.
- Αγορά ή πώληση μιας ακαθόριστης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε μια κυμαινόμενη τιμή, με βάση μια ελάχιστη ή μέγιστη σε μια προκαθορισμένη μελλοντική χρονική στιγμή.
- Αγορά ή πώληση ηλεκτρικής ενέργειας για ένα σταθερό ποσό.
- Αγορά ή πώληση μιας ελάχιστης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας για ένα σταθερό ποσό.

Για την περίπτωση όπου η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεταβαλλόμενη, η κυμαινόμενη τιμή μπορεί να είναι η

τρέχουσα τιμή (spot price) της ηλεκτρικής ενέργειας στην ημερομηνία παράδοσης ή ένας δείκτης τιμών (price index), όπως για παράδειγμα οι τιμές των προθεσμιακών συμβολαίων του NYMEX. Επίσης, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να βασίζεται στο περιθώριο κέρδους (profit margin) του αγοραστή ή του προμηθευτή, ή σε ένα δείκτη που σχετίζεται με τις κλιματολογικές συνθήκες (για παράδειγμα θερμοκρασία ή βροχή) ή σε κάποιον άλλο δείκτη (αλουμινίου ή άλλου μετάλλου). Όσον αφορά την τιμή αναφοράς (reference price), αυτή μπορεί να βασίζεται σε ένα μέσο όρο κατά τη διάρκεια του χρόνου, όπως για παράδειγμα η μέση τιμή της μέγιστης χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της εβδομάδας πριν από την ημερομηνία παράδοσης.

Όσον αφορά την **τιμή μιας ποσότητας (kWh) ηλεκτρικής ενέργειας**, μπορεί να χαρακτηριστεί ως: **(1)**κυμαινόμενη,

**(2)**σταθερή, **(3)**κυμαινόμενη με ένα μέγιστο όριο (floating with a cap), **(4)**κυμαινόμενη με ένα ελάχιστο όριο (floating with a floor), **(5)**κυμαινόμενη με ένα ελάχιστο και ένα μέγιστο όριο.

Αντίστοιχα, η **ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας** μπορεί να χαρακτηριστεί ως: **(1)**σταθερή, **(2)**μεταβαλλόμενη, **(3)**μεταβαλλόμενη με ένα ελάχιστο όριο, **(4)**μεταβαλλόμενη με ένα μέγιστο όριο, **(5)**μεταβαλλόμενη με ένα ελάχιστο και ένα μέγιστο όριο.

Συνδυάζοντας όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, προκύπτει η δημιουργία 25 ειδών συμβολαίων για την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός από αυτά, υπάρχει ένα ακόμα είδος συμβολαίου με το οποίο ο πελάτης καταβάλλει ένα σταθερό ποσό για ακαθόριστο αριθμό kWh. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης καθενός από τα 26 είδη συμβολαίων έτσι ώστε η παράδοση να λαμβάνει χώρα σε διαφορετικές ημερομηνίες στο μέλλον. Ο κάθε τύπος συμβολαίου εξαρτάται άμεσα από τον κίνδυνο για τον οποίο απαιτείται αντιστάθμιση.

## 5.4 Είδη συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

### 5.4.1 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης επί μετοχών (Stock Futures)

Διαπραγματεύονται στο Χρηματιστήριο Παραγώγων. Ο υποκείμενος τίτλος είναι η εισηγμένη μετοχή μίας εταιρίας ή η υποκείμενη αξία είναι μετοχές εισηγμένες στην κύρια αγορά του Χρηματιστηρίου. Οι συναλλαγές σε αυτά τα συμβόλαια γίνονται σε πολλαπλάσια του ενός συμβολαίου, είτε σε πολλαπλάσια των εκατό συμβολαίων όπου κάθε συμβόλαιο αποτελείται από εκατό μετοχές με ελάχιστη μεταβολή της τιμής 0,01 €. Η ημέρα λήξης και η τελευταία ημέρα συναλλαγής τους είναι η τρίτη Παρασκευή του μήνα λήξης και δύο ώρες πριν κλείσει η χρηματιστηριακή αγορά. Σε περίπτωση που η μέρα λήξης αποτελεί αργία τότε ως ημέρα λήξης ορίζεται η προηγούμενη μέρα συναλλαγής. Ο διακανονισμός τους γίνεται με την παράδοση από τον πωλητή προς τον αγοραστή του αριθμού μετοχών ίσο με το μέγεθος του συμβολαίου στην τελική τιμή διαπραγμάτευσης.

<b>Ποσό Τελικού Διακανονισμού =</b>	Τελική Τιμή Εκκαθάρισης x Μέγεθος Συμβολαίου

Πίνακας 5.1: Ποσό Τελικού Διακανονισμού

Εάν ο αγοραστής δεν επιθυμεί να παραλάβει τις μετοχές, μπορεί να κλείσει την θέση αγοράς πριν από την λήξη πουλώντας ισάριθμα ΣΜΕ στην συγκεκριμένη μετοχή. Αντίστοιχα, ο πωλητής που δεν επιθυμεί να παραδώσει τις μετοχές, μπορεί να κλείσει τη θέση πώλησης πριν από την λήξη, αγοράζοντας ισάριθμα ΣΜΕ στη συγκεκριμένη μετοχή. Συνήθως περίπου το 20% των μετοχικών συμβολαίων φθάνει να εξασκηθεί στη λήξη. Προφανώς συμφέρει τον επενδυτή να κλείσει την θέση του παρά να πληρώσει όλο το κεφάλαιο και να παραλάβει τις

μετοχές. Τα Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης επί μετοχών παρατηρούνται ως πιο ελκυστικά προϊόντα από τις κινήσεις των μετοχών που υπάρχουν σε ένα χαρτοφυλάκιο επενδυτή γιατί μειώνουν τον κίνδυνο μέσω της αντιστάθμισης. Ωστόσο, το επενδυτικό κοινό τα χρησιμοποιεί για να κλειδώσει την τιμή αγοράς μιας μετοχής στο μέλλον (long hedge), την τιμή πώλησης μιας μετοχής στο μέλλον (short hedge) και για την απόκτηση κέρδους εκτιμώντας ή προβλέποντας την πορεία μιας μετοχής.

#### 5.4.2 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης επί χρηματιστηριακών δεικτών (Index Futures)

Ο υποκείμενος τίτλος ή αξία είναι ένας δείκτης μετοχών υψηλής κεφαλαιοποίησης και ένας δείκτης μετοχών μεσαίας κεφαλαιοποίησης αντίστοιχα με τις τιμές αγοράς και πώλησης αυτών των συμβολαίων να αναφέρονται σε μονάδες του δείκτη. Οι συναλλαγές στα συμβόλαια αυτά πραγματοποιούνται είτε σε πολλαπλάσια του ενός συμβολαίου είτε σε πολλαπλάσια των εκατό συμβολαίων με ελάχιστη μεταβολή τιμής ίση με 0,25 μονάδες του δείκτη. Η ημέρα λήξης και τελευταία ημέρα συναλλαγής είναι η τρίτη Παρασκευή του μήνα που λήγει το συμβόλαιο εκτός αν αποτελεί αργία, όποτε ορίζεται η προηγούμενη μέρα συναλλαγής με την δέσμευση ενός περιθωρίου ασφαλείας 12% υπολογιζόμενο πάνω στην τιμή κλεισίματος των δεικτών. Η τελική τιμή εκκαθάρισης (settlement price) είναι η τιμή κλεισίματος του δείκτη, κατά την ημέρα λήξης όπως αυτή διαμορφώνεται στην χρηματιστηριακή αγορά.

<b>Τελική Καθαρή Αξία =</b>	Τελική Τιμή Εκκαθάρισης του Δείκτη — Τιμή εκκαθάρισης της προηγούμενης ημέρας συναλλαγής x Πολλαπλασιαστή
-----------------------------	---

Πίνακας 5.2: Τελική Καθαρή Αξία

Αξίζει να σημειωθεί πως όταν προκύπτει θετική καθαρή αξία ο αγοραστής του συμβολαίου εισπράττει ενώ ο πωλητής αυτού την πληρώνει. Αντίστοιχα και στην περίπτωση της αρνητικής καθαρής αξίας ο αγοραστής του συμβολαίου πληρώνει και ο πωλητής εισπράττει την αξία. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα ΣΜΕ επί των δεικτών είναι σημαντικά για τους επενδυτές. Αφενός χρησιμοποιούνται για κερδοσκοπικούς λόγους, δηλαδή για αντιστάθμιση του κινδύνου από μία απρόβλεπτη πτωτική πορεία της αγοράς, ώστε να προστατευθεί η αξία ενός χαρτοφυλακίου μετοχών και αφετέρου επιτυγχάνουν μεγάλες αποδόσεις, μικρά ανοίγματα τιμών σε σύγκριση με αυτά της τρέχουσας αγοράς, υψηλή ρευστότητα και εξασφάλιση ότι οι υποχρεώσεις του αντισυμβαλλόμενου που απορρέουν από τον ημερήσιο διακανονισμό θα εκπληρωθούν.

#### **5.4.3 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης επί επιτοκίων (Index Futures)**

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται συμβόλαια των οποίων ο υποκείμενος τίτλος τους εξαρτάται από το επίπεδο των επιτοκίων. Χρησιμοποιούνται από τους επενδυτές, για αντιστάθμιση των κινδύνων που προέρχονται από την

μεταβολή των επιτοκίων και για κερδοσκοπικούς λόγους προβλέποντας την πορεία των επιτοκίων. Οι κίνδυνοι που παρουσιάζονται σε τέτοιου τύπου συμβόλαια είναι ο κίνδυνος που θα μεταβάλλει την αξία μίας επένδυσης ή ενός χαρτοφυλακίου και ο κίνδυνος που θα μειώσει την ρευστότητα λόγω της απώλειας εσόδων από μία πιθανή μεταβολή των επιτοκίων. Η διαπραγμάτευση τους βασίζεται στην καθημερινή αποτίμηση (mark to market) και στην τήρηση λογαριασμού περιθωρίων από τις δύο πλευρές των αντισυμβαλλόμενων από όπου μπορούν να αποσύρουν τα κέρδη τους. Τα επιτόκια ως υποκείμενος τίτλος μπορεί να είναι τριών μηνών και το επιτόκιο που διαμορφώνεται στην αγορά αποτελεί το επιτόκιο αναφοράς για να υπολογιστεί η τιμή εκκαθάρισης ή η τιμή διακανονισμού των συμβολαίων.

<b>Τιμή Διακανονισμού =</b>	100 - Ετήσιο Επιτόκιο
<b>Επιτόκιο =</b>	100 - Τιμή Διακανονισμού

Πίνακας 5.3: Σχέση μεταξύ της Τιμή Διακανονισμού & του Επιτοκίου

#### 5.4.4 Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης επί συναλλάγματος

Χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή ενός καθορισμένου ποσού ενός συγκεκριμένου νομίσματος με ένα άλλο νόμισμα σε συγκεκριμένη συναλλαγματική ισοτιμία για την αντιστάθμιση του συναλλαγματικού κινδύνου. Ο αγοραστής συμβολαίου (long position) μπορεί να είναι ένας εισαγωγέας που πραγματοποιεί εισαγωγές με προθεσμιακό διακανονισμό ή μπορεί να είναι ένας πωλητής (short position) που αναμένει δολάρια (USD) σε ορισμένη χρονική στιγμή στο μέλλον, όπως ένας επενδυτής με εγχώριο νόμισμα το ευρώ και επενδύει σε κεφαλαιαγορά με νόμισμα το δολάριο (USD). Το

περιθώριο ασφαλείας ανέρχεται σε ποσοστό 5% και το συμβόλαιο αποτιμάται καθημερινά.

#### 5.5.1 Υποδείγματα αποτίμησης δικαιωμάτων προαίρεσης

Οι επιδράσεις στην αξία των δικαιωμάτων από ανεξάρτητες μεταβλητές δεν είναι ικανές για να αποτιμήσουν δίκαια την αξία ενός δικαιώματος πριν τη λήξη του σε μία ομαλή αγορά. Τα τελευταία χρόνια πολλά μοντέλα αποτίμησης δικαιωμάτων έχουν αναπτυχθεί και έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης από την διεθνή ακαδημαϊκή κοινότητα για να αποδώσουν την δίκαιη τιμή ενός δικαιώματος. Πιο συγκεκριμένα να προσδιοριστεί και να αναγνωριστεί η συμπεριφορά του, η διαφορά ανάμεσα στην θεωρητική και τρέχουσα τιμή του λαμβάνοντας υπόψη την συμπεριφορά του υποκείμενου τίτλου, το χρόνο που απομένει μέχρι τη λήξη του

δικαιώματος και το μέγεθος της μεταβλητότητας της τιμής του υποκειμένου τίτλου. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το πιο αποδεκτό και “δημοφιλή” υποδείγματα αποτίμησης δικαιωμάτων της συμπεριφοράς των τιμών του υποκειμένου τίτλου.

### **5.5.2 Είδη δικαιωμάτων προαίρεσης στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας**

Εντός και εκτός οργανωμένων αγορών παρουσιάζονται συμφωνίες πάνω σε διαφορετικούς υποκειμένους τίτλους. Ανάλογα με την διαπραγμάτευση τους, διακρίνονται :

- Δικαιώματα επί μετοχών (Stock Options), που ως υποκείμενη αξία ή τίτλο έχουν συγκεκριμένη μετοχή εισηγμένης χρηματιστηριακής εταιρίας όπου κάθε δικαίωμα καλύπτει συνήθως 100 μετοχές και ο διακανονισμός γίνεται με φυσική παράδοση των τίτλων που διαπραγματεύονται.
- Δικαιώματα σε χρηματιστηριακούς δείκτες (Index Options). Πρόκειται για δικαιώματα, όπως υποδηλώνει και ο τίτλος τους, με υποκείμενη αξία την τιμή κάποιου χρηματιστηριακού δείκτη. Ο διακανονισμός είναι χρηματικός (δεν παραδίδεται το χαρτοφυλάκιο των μετοχών που είναι πάνω στον δείκτη) και το δικαίωμα επί κάποιου δείκτη για να έχει χρηματική αξία παράγεται με έναν πολλαπλασιαστή, ο οποίος ορίζεται από την εκάστοτε χρηματιστηριακή αγορά.
- Δικαιώματα σε επιτόκιο (Interest Rate Options), όπου δημιουργούν αντιστάθμιση και συνδέονται με την σύναψη δανείου ή την αγορά τίτλου. Ο αγοραστής καταβάλλει στον πωλητή την τιμή δικαιώματος ή το ασφάλιστρο, λειτουργώντας αντισταθμιστικά ο δεύτερος, για περιοριστεί η δυσμενής μεταβολή των επιτοκίων.
- Δικαιώματα σε συνάλλαγμα (Currency Options). Είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους για επιχειρήσεις ή ιδιώτες να αντισταθμίσουν τις δυσμενείς μεταβολές των συναλλαγματικών ισοτιμιών. Ο κάτοχος έχει το δικαίωμα να αγοράσει ή να πωλήσει το νόμισμα σε καθορισμένη



συναλλαγματική ισοτιμία κατά τη διάρκεια μιας καθορισμένης χρονικής περιόδου.

- Δικαιώματα σε συμβάσεις ανταλλαγής (Swap Options ή Swaptions). Η κατηγορία αυτών των δικαιωμάτων με την σειρά της ποσοτικής τους σημασίας διακρίνεται σε συμβάσεις ανταλλαγής επιτοκίων, σε ανταλλαγές συναλλάγματος, σε συμφωνίες ανταλλαγής προϊόντων και μετοχών καθώς επίσης και σε πολλούς άλλους τύπους. Η συμφωνία σε αυτά τα δικαιώματα χαρακτηρίζει αν ο αγοραστής θα είναι παραλήπτης ενός π.χ σταθερού επιτοκίου ( ένα call option σε ομόλογο) ή ενός πληρωτή
- Δικαιώματα προθεσμιακών συμβολαίων (Futures Options). Δίνουν το δικαίωμα στον αγοραστή και όχι την υποχρέωση να αναλάβει μία προθεσμιακή θέση σε μία συγκεκριμένη τιμή οποιαδήποτε στιγμή πριν την λήξη του, ενώ ο πωλητής αναλαμβάνει την αντίθετη θέση όταν ο αγοραστής ασκεί το δικαίωμα του.

## 5.6 Οι προθεσμιακές αγορές πετρελαίου

Οι προθεσμιακές αγορές πετρελαίου χωρίζονται σε δύο είδη. Το πρώτο είναι η αγορά αργού πετρελαίου από τις πετρελαϊκές εταιρείες και το δεύτερο αποτελείται από τις προθεσμιακές αγορές ενέργειας στο Λονδίνο και στη Νέα Υόρκη.

Οι ιδιαίτερα αυξημένες ανάγκες ενέργειας για τα ανεπτυγμένα κράτη καθώς και οι πολιτικές και στρατιωτικές συγκρούσεις για την απόκτηση και έλεγχο των πηγών ενέργειας, δημιούργησαν έντονες πιέσεις στη διαμόρφωση της τιμής των προϊόντων ενέργειας με αποτέλεσμα την έντονη και συνεχή μεταβολή τους. Οι μεταβολές αυτές έφεραν σε δύσκολη θέση τις ανεπτυγμένες οικονομίες ιδιαίτερα κατά την πετρελαϊκή κρίση του 1973 λόγω του εμπάργκο των Αράβων, την πτώση του Σάχη της Περσίας το 1979 και τον πόλεμο Ιράκ-Ιράν αμέσως μετά. Η πολιτική αστάθεια στη Μέση Ανατολή, ώθησε το New York Mercantile Exchange (NYMEX) στην εισαγωγή ΣΜΕ αργού πετρελαίου. Έκτοτε έκαναν την εμφάνιση τους στα χρηματιστήρια εμπορευμάτων το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο

θέρμανσης και η αμόλυβδη βενζίνη. Μια ακόμη παράμετρος στην προθεσμιακή αγορά πετρελαίου είναι και η διαρκής ανάπτυξη σε προϊόντα και η επέκταση σε άλλες διεθνείς αγορές όπως προκύπτει από τη στρατηγική που αναπτύσσουν πολλά χρηματιστήρια. Συγκεκριμένα, η αύξηση των τιμών του πετρελαίου στη διάρκεια του 2004 ώθησε τις συναλλαγές ΣΜΕ και δικαιωμάτων του NYMEX στα ύψη. Αντίστοιχη αύξηση των συναλλαγών παρουσίασε και το ΙΡΕ που προσφέρει παράγωγα για το αργό πετρέλαιο Brent της Βόρειας Θάλασσας. Η οικονομική ευρωστία που διαθέτει το NYMEX το ώθησε να δημιουργήσει μια νέα αγορά στο Δουβλίνο όπου από το 2004 προσφέρει προς διαπραγμάτευση παράγωγα συμβόλαια στο αργό πετρέλαιο τύπου Brent. Στόχος του NYMEX είναι να προσελκύσει συναλλαγές που διαφορετικά θα γίνονταν στο ΙΡΕ του Λονδίνου αυξάνοντας τον ανταγωνισμό μεταξύ τους. Έτσι, η χρήση των παραγώγων είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις αγορές του πετρελαίου. Η διαδικασία και τα επιμέρους είδη των παραγώγων είναι ίδια με αυτά της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Clewlow, L. and Strickland, C. (2000). Energy Derivatives: Pricing and Risk Management. Lacima Publications.
- Eydeland A. and K. Wolyniec (2003). Energy and Power Risk Management: New Development in Modeling, Pricing and Hedging. New York, NY: John Wiley

## Κεφάλαιο 6

### Μελέτες Περιπτώσεων

#### 6.1 Αντιστάθμιση με Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (ΣΜΕ)

Θα μελετήσουμε την πρακτική εφαρμογή αντιστάθμισης με Συμβόλαια Μελλοντικής Εκπλήρωσης (ΣΜΕ) σε μία ελληνική εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πιο ασταθείς περίοδοι όσον αφορά την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι: Ιανουάριος έως Φεβρουάριο και Ιούλιος έως Αύγουστο, καθώς αποτελούν τους μήνες ζήτησης αιχμής. Έτσι, αφού η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα αγαθό που δεν μπορεί να αποθηκευτεί, οι τιμές της εξαρτώνται άμεσα από την αγοραστική ζήτηση. Η εταιρεία προμηθεύεται ηλεκτρική ενέργεια από μία ανεξάρτητη πηγή ενέργειας. Συνεπώς, η θέση της ως προς την ηλεκτρική ενέργεια είναι αρνητική με αποτέλεσμα ζημίας στην περίπτωση αύξησης της τιμής της και αποτέλεσμα κέρδους στην περίπτωση που οι τιμές υποχωρήσουν. Για αυτόν τον λόγο η εταιρεία θα λάβει μια θετική θέση στην αγορά ΣΜΕ ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να πραγματοποιήσει αντιστάθμιση αγοράς. Η εταιρεία αποφάσισε να χρησιμοποιήσει ως μέσο αντιστάθμισης τα ΣΜΕ, καθώς το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ο επαρκής προσδιορισμός του αποτελέσματος της αντιστάθμισης. Με εξαίρεση την αβεβαιότητα που υπάρχει ως προς τη μεταβολή της βάσης, η μεταβολή κατά μία μονάδα στην τιμή του υποκειμένου έχει παρόμοια επίδραση στη μεταβολή της τιμής του συμβολαίου ΣΜΕ. Ιδιαίτερα για ΣΜΕ που έχουν μικρή διάρκεια, η μεταβολή των τιμών μετρητοίς και ΣΜΕ είναι παράλληλη και ισοτιμη. Έτσι, λαμβάνοντας την αντίθετη θέση από τη θέση μετρητοίς, η αρχική τιμή του ΣΜΕ κλειδώνεται και μεταβάλλεται μόνο ως προς τη μεταβολή της βάσης. Η αντιστάθμιση τοποθετείται στην αρχή και δεν απαιτεί περαιτέρω προσαρμογή εφόσον η βάση κινηθεί εντός των προβλεπόμενων ορίων. Η τιμή κλειδώνεται από τη στιγμή εκκίνησης της αντιστάθμισης και επομένως το κέρδος ή ζημία που προκύπτει από τη διαφορά των τιμών μετρητοίς είναι

γνωστό εκ των προτέρων με μόνη τη διαφορά που θα προκύψει από τη μεταβολή της βάσης. Η αντιστάθμιση θα είναι πλήρης όταν η αξία της θέσης του αντισταθμιστή μετά την ολοκλήρωση της αντιστάθμισης παραμένει η ίδια όπως ακριβώς όταν εφαρμόστηκε. Αυτό σημαίνει ότι οι όποιες μεταβολές στη θέση μετρητοίς εξουδετερώνονται από τις μεταβολές που επέρχονται στην προθεσμιακή θέση. Αυτό για να επιτευχθεί, εκτός από την κατάλληλη αναλογία αντιστάθμισης που προαναφέρθηκε, προϋποθέτει ότι η βάση της αντιστάθμισης δεν θα μεταβληθεί. Ως βάση  $B_{t,T}$  ονομάζεται η διαφορά μεταξύ της τιμής ΣΜΕ και της τιμής μετρητοίς στο χρόνο  $t$  που αφορά ένα συμβόλαιο ΣΜΕ με ημέρα λήξης  $T$ :

$$B_{t,T} = F_{t,T} - S_T$$

Η βάση εξαρτάται από τη χρονική στιγμή που την παρατηρούμε και από το συμβόλαιο ΣΜΕ. Έτσι την ίδια στιγμή παρατηρούμε τόσες βάσεις όσα και τα συμβόλαια ΣΜΕ. Περαιτέρω, στην περίπτωση των εμπορευμάτων, η βάση προσδιορίζεται και σε σχέση με την τιμή μετρητοίς συγκεκριμένου τόπου παράδοσης του αγαθού. Αυτό είναι αναπόφευκτο καθώς το κόστος μεταφοράς των εμπορευμάτων διαφέρει από ένα τόπο παράδοσης σε άλλον, γεγονός που κάνει τις τιμές μετρητοίς να διαφέρουν μεταξύ τους. Συνήθως η βάση είναι θετική συνάρτηση του χρόνου διάρκειας του ΣΜΕ: όσο μεγαλύτερη η διάρκεια, τόσο μεγαλύτερη η βάση. Καθώς η βάση αποτελεί σημαντικό παράγοντα επίτευξης αποτελεσματικής αντιστάθμισης, θα πρέπει να επισημανθεί ότι με την αντιστάθμιση επιτυγχάνεται η εξουδετέρωση του κινδύνου από τη μεταβολή του επιπέδου των τιμών, όμως δεν μπορεί να εξουδετερωθεί ο κίνδυνος από τη μεταβολή της βάσης. Η μόνη περίπτωση που η βάση θα διατηρηθεί αμετάβλητη σε κάποιο χρόνο  $t$  ( $B_{t,T} = B_{0,T}$ ), είναι όταν οι τιμές στην αγορά ΣΜΕ και στην αγορά μετρητοίς παραμείνουν αμετάβλητες ή όταν μετακινηθούν παράλληλα. Η παράλληλη μετακίνηση των τιμών μπορεί να συμβεί μόνο για τα συμβόλαια που είναι πολύ κοντά στη λήξη τους. Έστω λοιπόν ότι η συγκεκριμένη εταιρεία έχει φορτίο βάσης 100MW ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια

των ωρών αιχμής στις ημέρες αιχμής. Για τον Ιούλιο θα χρειαστούν 33,700 MWh και για τον Αύγουστο 35,400 MWh. Επιπλέον, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας δε θα καθοριστεί μέχρις ότου να γίνει η τελική παράδοση. Όταν φτάσει η στιγμή για αγορά πραγματικής ενέργειας, αυτή γίνεται σε μια προκαταβολική τιμή ενός μηνός και ταυτόχρονα πωλούνται τα ΣΜΕ προκειμένου να αντισταθμιστούν ή να ρευστοποιηθούν οι ανάλογες υποχρεώσεις αυτών των συμβολαίων (άρση της αντιστάθμισης). Επειδή η αγορά των ΣΜΕ θα αντικατοπτρίζει τις ανερχόμενες τιμές, το κέρδος από αυτά θα αντισταθμίσει την αύξηση στην τιμή της φυσικής ηλεκτρικής ενέργειας, πλήρως ή κατά το μεγαλύτερο μέρος, για να εξισωθεί σχεδόν ιδανικά η καθαρή τιμή, με την τιμή των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης την ημέρα που εγκαινιάστηκε η αντιστάθμιση.

Ο αρμόζων αριθμός των συμβολαίων για την αντιστάθμιση καθορίζεται διαιρώντας τον αριθμό των MWh που αντισταθμίζεται με τις 1,680 MWh, το μέγεθος δηλαδή του συμβολαίου. Για να εκκινήσει αυτή η αντιστάθμιση χρειάζεται να αγοραστούν ΣΜΕ την 1η Ιουνίου στις τιμές \$20/MWh και \$21/MWh, για τις 24 Ιουλίου του 2016 και για τις 25 Αυγούστου του 2016, αντίστοιχα.

Έστω ότι αγοράζονται από την εταιρεία 20 ΣΜΕ για τον μήνα του Ιουλίου και 20 ΣΜΕ για τον Αύγουστο την 1η Ιουνίου. Το ποσό που θα δοθεί από την εταιρεία για τα ΣΜΕ Ιουλίου θα ισούται με:

$$20 \text{ συμβόλαια} \times \$20/\text{MWh} \times 1,680 \text{ MWh}/\text{συμβόλαιο} = \$672,000$$

Επίσης, θα δώσει για τα συμβόλαια του Αυγούστου ποσό που ισούται με:

$$20 \text{ συμβόλαια} \times \$21/\text{MWh} \times 1,680 \text{ MWh}/\text{συμβόλαιο} = \$705,600$$

Η αντιστάθμιση με χρήση ΣΜΕ προβλέπει πώληση των ΣΜΕ κατά την ημερομηνία αγοράς πραγματικής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, η εταιρεία αποφασίζει να πουλήσει τα ΣΜΕ για την 24η Ιουλίου στις 25 Ιουνίου με τιμή \$22/MWh και τα αντίστοιχα για την 25η Αυγούστου στις 26 Ιουλίου με τιμή \$24/MWh. Από την πρώτη περίπτωση θα έχει κέρδος:

$(33,700\text{MWh} \times \$22/\text{MWh}) - (20 \text{ συμβόλαια} \times \$22/\text{MWh} \times 1,680 \text{ MWh}/\text{συμβόλαιο}) = \$741,400 - \$739,200 = \$2,200$

και από την δεύτερη περίπτωση θα έχει κέρδος:

$(35,400\text{MWh} \times \$24/\text{MWh}) - (20 \text{ συμβόλαια} \times \$24 \times 1,680 \text{ MWh}/\text{συμβόλαιο}) = \$849,600 - \$806,400 = \$43,200$

Αυτό το κέρδος απ' τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης αντισταθμίζει εν μέρει το κόστος αγοράς του φυσικού ηλεκτρισμού που αγοράζεται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, ώστε να αποδίδεται μια καθαρή τιμή των  $\$19.9/\text{MWh} = (\$1,377,600 / (33,700 \text{ MWh} + 35,400 \text{ MWh}))$  για ηλεκτρική ενέργεια τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Χωρίς αντιστάθμιση, ο αγοραστής ενέργειας θα έπρεπε να είχε πληρώσει μια μέση τιμή των  $\$23.02/\text{MWh} (\$1,591,000 / (33,700\text{MWh} + 35,400 \text{ MWh}))$ .

Συνοπτικά έχουμε:

Ημερομηνίες	Τρέχον ρευστό	ΣΜΕ	Κέρδος σε Δολάρια	Κόστος σε Δολάρια
<b>1η Ιουνίου 2016</b>		Αγορά ΣΜΕ για 24/7/2015 με τιμή $\$20/\text{MWh}$ και για 25/7/2015 με τιμή $\$21/\text{MWh}$	—	\$672,000 και \$705,600 αντίστοιχα
<b>25 Ιουνίου 2016</b>	Αγορά 33,700 MWh προς $\$22/\text{MWh} = \$741,400$	Πώληση ΣΜΕ για 24/7/2015 με τιμή $\$22/\text{MWh}$	\$741,400 - \$739,200 = \$2,200	—
<b>26 Ιουλίου 2016</b>	Αγορά 35,400 MWh προς $\$24/\text{MWh} = \$849,600$	Πώληση ΣΜΕ για 25/7/2015 με τιμή $\$24/\text{MWh}$	\$849,600 - \$806,400 = \$43,200	—

Πίνακας 6.1: Αντιστάθμιση ΣΜΕ σε εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας

Επομένως, το τρέχον ρευστό κόστος ισούται με:  $\$741,400 + \$849,600 = \$1,591,000$ .

Το κέρδος από τα ΣΜΕ ανέρχεται στα  $(\$741,400 - \$672,000) + (\$849,600 - \$705,600) = \$69,400 + \$144,000 = \$213,400$ .

Τέλος, το καθαρό κόστος θα ισούται με  $\$1,591,000 - \$213,400 = \$1,377,600$ .

## 6.2 Αντιστάθμιση με Δικαιώματα Προαίρεσης σε ΣΜΕ

Θα μελετήσουμε την πρακτική εφαρμογή αντιστάθμισης με Δικαιώματα Προαίρεσης σε ένα δυλιστήριο αργού πετρελαίου τύπου WTI (West Texas Intermediate). Παράλληλα, θα κατανοήσουμε καλύτερα το μοντέλο Black & Scholes, καθώς θα χρησιμοποιηθεί στη συγκεκριμένη αντιστάθμιση.

Τα δικαιώματα σε ΣΜΕ δεν έχουν ιδιαίτερη διαφορά από τα απλά δικαιώματα. Η χρησιμοποίηση των συμβολαίων ΣΜΕ ως υποκείμενοι τίτλοι των δικαιωμάτων οφείλεται αποκλειστικά στη ρευστότητα που παρουσιάζουν οι αγορές ΣΜΕ και κατά συνέπεια της πιο αποτελεσματικής αποτίμησης αλλά και της τυποποίησης που διαθέτουν τα συμβόλαια ως προς το χρόνο λήξης, το μέγεθος και την ποιότητα με αποτέλεσμα να είναι περισσότερο ελκυστικά από τους στοιχειώδεις τίτλους στην αγορά μετρητοίς. Το πρόβλημα ρευστότητας στη συγκεκριμένη αγορά είναι έντονο, καθώς υπάρχουν ταυτόχρονα πολλές αγορές διεσπαρμένες γεωγραφικά με διαφορετική τοποθεσία παράδοσης αλλά και ποιότητας (δηλαδή υπάρχουν διαφορετικά είδη αργού πετρελαίου ανάλογα με την περιοχή του κοιτάσματος). Με τη χρησιμοποίηση των συμβολαίων ΣΜΕ ως υποκείμενο τίτλο επικεντρώνεται η προσοχή των συναλλασσομένων στις αγορές δικαιωμάτων και όχι στις ιδιαιτερότητες του τίτλου τοις μετρητοίς.

Η μεγάλη διαφορά που υπάρχει μεταξύ των απλών δικαιωμάτων και των δικαιωμάτων σε ΣΜΕ έγκειται στο γεγονός ότι όταν εξασκούνται τα απλά δικαιώματα, τότε ο κάτοχος δικαιωμάτων αγοράς καταλήγει με τον τίτλο ή το αγαθό που



μπορεί να το διαπραγματευτεί στην αγορά μετρητοίς. Αντίθετα ο κάτοχος ενός δικαιώματος αγοράς σε ΣΜΕ εάν εξασκήσει το δικαίωμα του, τότε θα βρεθεί να έχει μια θετική θέση στο συμβόλαιο ΣΜΕ και ταυτόχρονα ένα όφελος ίσο με τη διαφορά της τιμής του συμβολαίου ΣΜΕ με την τιμή εξάσκησης του δικαιώματος. Από την άλλη πλευρά, ο πωλητής του δικαιώματος αγοράς θα βρεθεί να έχει μια αρνητική θέση στο συμβόλαιο ΣΜΕ ενώ θα έχει καταβάλει μια ζημία ίση με τη διαφορά των τιμών του συμβολαίου ΣΜΕ την ημέρα εξάσκησης και της τιμής εξάσκησης του δικαιώματος.

Επομένως, ενώ με την εξάσκηση του απλού δικαιώματος κλείνει η θέση τόσο του αγοραστή όσο και του πωλητή, η θέση των συμβαλλομένων στα δικαιώματα σε συμβόλαια ΣΜΕ κλείνει μόνο στην αγορά δικαιωμάτων ενώ στην αγορά ΣΜΕ δημιουργούνται δύο νέες και αντίθετες θέσεις. Στις θέσεις αυτές, τόσο ο αγοραστής όσο και ο πωλητής υποχρεούνται να ανταποκριθούν όπως και όλοι οι άλλοι συναλλασσόμενοι στις αγορές ΣΜΕ.

Στην περίπτωση δικαιωμάτων πώλησης σε ΣΜΕ, όπως στη συγκεκριμένη εφαρμογή, ο αγοραστής μπορεί να εξασκήσει το δικαίωμα πριν τη λήξη του. Στην περίπτωση αυτή ο αγοραστής θα εισπράξει τη διαφορά της τιμής εξάσκησης από την τιμή ΣΜΕ της ημέρας εξάσκησης ενώ θα δημιουργήσει μια αρνητική θέση στην αγορά ΣΜΕ. Αντίστοιχα, ο πωλητής του δικαιώματος θα καταβάλει την ανωτέρω διαφορά ενώ θα βρεθεί να κατέχει μια θετική θέση σε ΣΜΕ που είναι και ο υποκείμενος τίτλος του δικαιώματος.

### **Εφαρμογή της αντιστάθμισης**

Η διοίκηση του διυλιστηρίου επιθυμεί να εφαρμόσει πολιτική προστασίας απέναντι στην ανοδική πορεία της τιμής του πετρελαίου. Η θέση του διυλιστηρίου ως προς το αργό πετρέλαιο είναι αρνητική και συνεπώς η άνοδος των τιμών του πετρελαίου θα προκαλέσει ζημία στο διυλιστήριο. Παρά την κερδοφορία που επιτυγχάνεται με την άνοδο της τιμής του αργού πετρελαίου, καθώς οι τιμές της βενζίνης και των άλλων προϊόντων της διύλισης αυξάνονται με τη σειρά τους, το

δυναμικό επιθυμεί να κλειδώσει την τιμή στα σημερινά επίπεδα και να επωφεληθεί σε περίπτωση πτώσης των τιμών του αργού. Προκειμένου να συμβεί αυτό, θα πρέπει το δυναμικό να αποκτήσει δικαιώματα αγοράς αργού πετρελαίου. Η αγορά με υψηλή ρευστότητα στα παράγωγα πετρελαίου είναι η αγορά του NYMEX που προσφέρει δικαιώματα αγοράς που έχουν ως υποκείμενο τα συμβόλαια ΣΜΕ αργού πετρελαίου τύπου WTI.

### **Ο ρόλος του συντελεστή $\delta$ του μοντέλου Black & Scholes στην αντιστάθμιση**

Στη συγκεκριμένη περίπτωση αντιστάθμισης απαιτείται ο προσδιορισμός της αναλογίας αντιστάθμισης μέσα από την εκτίμηση της σχέσης των τιμών μετρητοίς και τιμών ΣΜΕ. Με τη χρήση των δικαιωμάτων στην αντιστάθμιση, αναζητείται μια άλλη μεταβλητή που προσδιορίζει τη σχέση τιμών μετρητοίς του υποκειμένου και τιμών των δικαιωμάτων. Η σχέση αυτή ενσωματώνεται στο δέλτα του δικαιώματος, δηλαδή στην ευαισθησία της τιμής του δικαιώματος σε δεδομένη μεταβολή της τιμής του υποκειμένου. Σε αντίθεση με την αναλογία αντιστάθμισης, όπου λόγω της γραμμικότητας της σχέσης θεωρούμε ότι αυτή παραμένει σταθερή σε όλα τα επίπεδα τιμών ( $\gamma=0$ ), το δέλτα του δικαιώματος δεν διατηρείται σταθερό. Η ευαισθησία των τιμών του δικαιώματος είναι συνάρτηση των τιμών του υποκειμένου ( $\gamma>0$ ).

Ο μεταβαλλόμενος χαρακτήρας του δέλτα στα διάφορα επίπεδα της τιμής του υποκειμένου ευθύνεται για την ελλιπή αποτελεσματικότητα της αντιστάθμισης με δικαιώματα και την ανάγκη για περαιτέρω αναπροσαρμογή της αντιστάθμισης μετά την εφαρμογή της. Η ημερήσια μεταβολή του δέλτα είναι αναπόφευκτη ακόμη και στην περίπτωση που όλες οι μεταβλητές που το επηρεάζουν παραμένουν αμετάβλητες καθώς μία από τις μεταβλητές, η διάρκεια του δικαιώματος, μέρα με τη μέρα μειώνεται σταθερά. Η διατήρηση της αποτελεσματικότητας της αντιστάθμισης υπό τη συνεχή μεταβολή του δέλτα οδηγεί στην ανάγκη συχνής αναθεώρησης, δηλαδή συχνής αγοράς ή πώλησης δικαιωμάτων.

## Υπολογισμός του αριθμού δικαιωμάτων με βάση το μέγεθος της θέσης μετρητοίς

Όπως και στην περίπτωση της αναλογίας αντιστάθμισης, η απόλυτη τιμή του δέλτα είναι προσδιοριστικός παράγοντας του αριθμού των δικαιωμάτων που απαιτούνται στην αντιστάθμιση. Στην πράξη, όσο μεγαλύτερη η απόλυτη τιμή του δέλτα, τόσο μικρότερος ο αριθμός των δικαιωμάτων που απαιτούνται στην αντιστάθμιση και αντιστρόφως. Η αντιστροφή αυτή σχέση μπορεί να εκφραστεί με μαθηματικό τρόπο για τον προσδιορισμό του μεγέθους της θέσης που δημιουργείται στα δικαιώματα,  $\Pi_{\Delta}$ , με βάση την υπάρχουσα θέση στην αγορά μετρητοίς,  $\Pi_S$ , και το δέλτα του δικαιώματος:

$$\Pi_{\Delta} = \left( \frac{1}{|\delta_{\epsilon}|} \right) \Pi_S$$

Στην παραπάνω εξίσωση ανάλογα με το είδος του δικαιώματος που χρησιμοποιείται, η απόλυτη τιμή του δέλτα αναφέρεται είτε στο δικαίωμα αγοράς ( $\delta_{\alpha}$ ) είτε στο δικαίωμα πώλησης ( $\delta_{\pi}$ ).

Ο τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του αριθμού των δικαιωμάτων στην αντιστάθμιση βασίζεται στην αξία της θέσης μετρητοίς προς αντιστάθμιση καθώς και στην αξία που κλειδώνεται με τα δικαιώματα κατά την εξάσκηση. Ο υπολογισμός αυτός έχει ως εξής:

$$\text{Αριθμός δικαιωμάτων} = \frac{\text{Αξία προς αντιστάθμιση}}{|\delta_{\epsilon}| * \text{Πολλαπλασιαστής} * \text{Τιμή εξάσκησης}}$$

Οι δύο παραπάνω εξισώσεις δίνουν την ίδια απάντηση ως προς τον αριθμό των δικαιωμάτων που απαιτούνται εφόσον η τιμή εξάσκησης ταυτίζεται με την τιμή μετρητοίς του υποκειμένου και ο πολλαπλασιαστής είναι 1. Σε κάθε άλλη περίπτωση θα πρέπει να γίνει η ανάλογη προσαρμογή (και ως προς τον πολλαπλασιαστή).

## Στοιχεία αντιστάθμισης του διυλιστηρίου

Το διυλιστήριο έχει τη δυνατότητα συνεχούς διύλισης τεσσάρων μηνών και παράγει υπό κανονικές συνθήκες 3.000 βαρέλια αργού πετρελαίου μηνιαίως, τα παράγωγα του οποίου

(βενζίνη, μαζούτ, καύσιμα) διατίθενται απευθείας στα πρατήρια. Η διοίκηση του διυλιστηρίου αποφασίζει να αντισταθμίσει το 50% του αργού πετρελαίου που θα χρειαστεί σε τέσσερις μήνες. Σήμερα, η τιμή μετρητοίς του αργού πετρελαίου τύπου WTI στο NYMEX τιμάται προς 50 δολάρια και το δικαίωμα αγοράς με την όσο το δυνατόν πλησιέστερη τιμή εξάσκησης τιμάται προς τα 52 δολάρια. Το δικαίωμα λήγει σε 85 ημέρες. Επιπλέον, η ετήσια διακύμανση της μεταβολής της τιμής του συγκεκριμένου ΣΜΕ είναι 0,49% και το ισχύον ακίνδυνο επιτόκιο είναι 3,5%.

### Πρακτική εφαρμογή του μοντέλου Black & Scholes στο παράδειγμα αντιστάθμισης

Αρχικά, υπολογίζουμε τον αριθμό των δικαιωμάτων που θα πρέπει να αγοραστούν για να καλυφθεί το 50% της θέσης μετρητοίς. Η παραγωγή τεσσάρων μηνών αποδίδει 12,000 βαρέλια και επομένως η κατά 50% προστασία της αφορά 6,000 βαρέλια αργού πετρελαίου. Επιπλέον, θα υπολογίσουμε το  $d_1$  με βάση τον τύπο του μοντέλου Black & Scholes του κεφαλαίου 3:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{50}{52}\right) + (0.35 + 0.5 \cdot 0.49) \cdot \frac{85}{365}}{0.07 \sqrt{\frac{85}{365}}} = 0.741$$

και το δικαίωμα αγοράς σε ΣΜΕ, το οποίο ισούται με:

$$\delta_\alpha^F = e^{-r_f(T-t)} N(-d_1) = 0.79$$

Επομένως, μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε τον αριθμό των συμβολαίων με βάση τον τύπο 5.2, όπου αντικαθιστώντας τα δεδομένα έχουμε:  $\left(\frac{1}{0.825}\right) \cdot 12,000 \cdot 0.5 = 7.27$ . Άρα απαιτούνται 7 δικαιώματα, προκειμένου να γίνει αντιστάθμιση, όπου το καθένα τιμάται προς \$1.64 και άρα συνολικά θα κοστίσουν:  $7 \times \$1.64 = \$11.48$ .

Συνοπτικά έχουμε:

<b>Αντιστάθμιση 50% αργού πετρελαίου:</b>	6,000 βαρέλια
<b>Αριθμός ημερών πριν από την λήξη του δικαιώματος:</b>	85 ημέρες
<b>Τιμή μετρητοίς και τιμή εξάσκησης:</b>	\$50 & \$52
<b>Αξία προς αντιστάθμιση:</b>	6,000x\$50 = \$300,000
<b>Αριθμός συμβολαίων:</b>	7
<b>Κόστος συμβολαίων:</b>	\$11.48

Πίνακας 6.2: Στοιχεία αντιστάθμισης ΣΜΕ στο διυλιστήριο

### 6.3 Πρακτική εφαρμογή αντιστάθμισης στην αγορά καυσίμων σε ναυτιλιακή εταιρεία

Θεωρούμε μία πλοιοκτήτρια εταιρεία που διαθέτει 42 πλοία και για το χρονικό διάστημα από την 1<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2016 έως την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2016 θα χρειαστεί 1.500.000 γαλιόνια κηροζίνης. Η διοίκηση της εταιρείας αποφασίζει να κλειδώσει την προθεσμιακή τιμή ενός μήνα με ημερομηνία έναρξης την 1<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2016, καθώς υπάρχει ο κίνδυνος ανόδου ή πτώσεως των τιμών καυσίμων για τα πλοία και κατ' επέκταση της κηροζίνης. Η αντιστάθμιση του συγκεκριμένου κινδύνου, ο οποίος είναι γνωστός ως κίνδυνος μελλοντικής τιμής πραγματοποιείται με αγοραπωλησία ΣΜΕ.

#### Το είδος αντιστάθμισης που θα επιλέξει η εταιρεία

Τα καύσιμα των πλοίων είναι ένα διεθνές εμπόρευμα, όπου επηρεάζεται από τους διεθνείς κανόνες ζήτησης και προσφοράς. Η πλοιοκτήτρια εταιρεία προμηθεύεται τα καύσιμα και συνεπώς η θέση της ως προς τις αγορές καυσίμων είναι αρνητική. Επομένως, στην περίπτωση ανόδου των τιμών καυσίμων, η εταιρεία θα έρθει αντιμέτωπη με αρνητικές συνέπειες που θα οδηγήσουν σε ζημιά, ενώ αντίθετα μία

μελλοντική πτώση τιμών θα επιφέρει κέρδος στην εταιρεία. Προκειμένου να λάβουν χώρα κερδοφόρα αποτελέσματα, η εταιρεία θα πρέπει να λάβει θετική θέση στην αγορά των ΣΜΕ, δηλαδή να γίνει αντιστάθμιση αγοράς.

Ωστόσο, τα διεθνή χρηματιστήρια δε διαθέτουν εξειδικευμένα συμβόλαια καυσίμων για πλοία (ή για αεροπλάνα), παρά μόνο συμβόλαια πετρελαίου, όπως για παράδειγμα πετρέλαιο θέρμανσης. Έτσι, η εταιρεία θα χρησιμοποιήσει ΣΜΕ για την αγορά πετρελαίου που διαπραγματεύονται στο NYMEX και κάθε ένα από αυτά τα συμβόλαια αντιστοιχεί σε 40.000 γαλόνια. Προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες της, η εταιρεία θα πρέπει να αγοράσει: 37 ΣΜΕ. (1,500,000 γαλόνια / 40,000 γαλόνια = 37.5)

Τα στοιχεία της αντιστάθμισης συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>Προϊόν Συμβολαίου:</b>	Πετρέλαιο
<b>Χρηματιστήριο διαπραγμάτευσης:</b>	NYMEX
<b>Δυνατότητα Παράδοσης:</b>	Οποιαδήποτε ημερομηνία κατά τη διάρκεια του έτους
<b>Μέγεθος Συμβολαίου σε γαλόνια:</b>	40,000
<b>Μονάδα έκφρασης:</b>	Cents/γαλόνι
<b>Αξία ανά μονάδα σε \$:</b>	4

Πίνακας 6.3: Στοιχεία αντιστάθμισης ΣΜΕ στη ναυτιλιακή εταιρεία

### Αναλογία αντιστάθμισης και αριθμού ΣΜΕ

Προκειμένου να υπολογίσουμε την αποτελεσματικότητα της αντιστάθμισης, θα πρέπει να υπολογίσουμε αρχικά το

ποσοστό της διακύμανσης που εξαλείφεται έπειτα από την εφαρμογή της αντιστάθμισης. Το ποσοστό ισούται με:

$$\rho^2 = \frac{\sigma_s^2 - u^2}{\sigma_s^2} = h^*2 \frac{\sigma_F^2}{\sigma_S^2} \quad (5.3.1)$$

Επιπλέον, όταν ένας αντισταθμιστής έχει αρνητική θέση στην υποκείμενη αγορά και θετική στην προθεσμιακή, η μεταβολή στην αξία της θέσης του κατά το χρόνο ζωής της αντιστάθμισης και για κάθε μονάδα του υποκείμενου προϊόντος είναι:

$$h^*\delta F - \delta S$$

όπου:

- $\delta S$ : Μεταβολή στην τιμή μετρητοίς S κατά τη διάρκεια του διαστήματος που εφαρμόζεται η αντιστάθμιση
- $\delta F$ : Μεταβολή στην τιμή του συμβολαίου κατά τη διάρκεια του διαστήματος που εφαρμόζεται η αντιστάθμιση
- $\sigma_S$ : Τυπική απόκλιση του  $\delta S$
- $\sigma_F$ : Τυπική απόκλιση του  $\delta F$
- $\rho$ : Συντελεστής συσχέτισης ανάμεσα στο  $\delta S$  και  $\delta F$
- $u$ : Διακύμανση στη θέση του αντισταθμιστή
- $h^*$ : Ποσοστό αντιστάθμισης που ελαχιστοποιεί τη διακύμανση της θέσης του αντισταθμιστή

Προκειμένου να γίνει εκτίμηση των παραμέτρων, θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων για τις τιμές των  $\delta S$  (άξονας x) και  $\delta F$  (άξονας y) που προκύπτουν για 15 συνεχόμενους μήνες, όπου καταγράφεται η μεταβολή  $\delta S$  της τιμής των καυσίμων και την μεταβολή  $\delta F$  του ΣΜΕ πετρελαίου που θα χρησιμοποιούσαμε για αντιστάθμιση εκείνο τον μήνα. Η επιλογή του διαστήματος του ενός μηνός για τις παρατηρήσεις γίνεται επειδή συμπίπτει με το διάστημα που κρατάει η αντιστάθμιση που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε.

<b>Μήνας</b>	<b><math>\delta S (X_i)</math></b>	<b><math>\delta F (Y_i)</math></b>
<b>1</b>	0.020	0.028
<b>2</b>	-0.035	-0.024
<b>3</b>	0.046	0.035
<b>4</b>	0.002	0.006
<b>5</b>	0.045	0.036
<b>6</b>	-0.026	-0.018
<b>7</b>	-0.034	-0.020
<b>8</b>	-0.029	-0.012
<b>9</b>	0.050	0.046
<b>10</b>	0.005	0.011
<b>11</b>	-0.028	-0.029
<b>12</b>	-0.015	-0.020
<b>13</b>	0.018	0.008
<b>14</b>	-0.025	-0.034
<b>15</b>	0.032	0.027

Πίνακας 6.4: Μετρήσεις 15 μηνών για τον προσδιορισμό των  $\delta S$  (άξονας  $x$ ) και  $\delta F$  (άξονας  $y$ )



Για τον υπολογισμό των  $\sigma_S$  και  $\sigma_F$  θα υπολογίσουμε πρώτα:

- $\sum X_i = 0.026$  &  $\sum X_i^2 = 0.011$
- $\sum Y_i = 0.04$  &  $\sum Y_i^2 = 0.01$

Έτσι,

$$\sigma_S = \sqrt{\frac{\sum Y_i^2}{n-1} - \frac{(\sum Y_i)^2}{n(n-1)}} = 0.0266 \quad \text{και} \quad \sigma_F = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{n-1} - \frac{(\sum X_i)^2}{n(n-1)}} = 0.027$$

Στη συνέχεια, μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή συσχέτισης μέσω της σχέσης:

$$\rho = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} = \frac{0.1561}{0.171} = 0.912$$

Συνεπώς, με βάση την εξίσωση 5.3.1:

$$\rho^2 = 0.832 = 83\%$$

Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι η αντιστάθμιση που εφαρμόσε η εταιρεία, εξαλείφει το 83% της διακύμανσης.

Στον παρακάτω πίνακα θα μελετήσουμε λεπτομερειακά όλα τα πιθανά σενάρια με και χωρίς αντιστάθμιση.

1η Σεπτεμβρίου 2016	Άνοδος τιμών καυσίμων (1η Οκτωβρίου 2016)	Πτώση τιμών καυσίμων (1η Οκτωβρίου 2016)
<p align="center"><b>Αγορά Μετρητοίς</b></p> <p>Η διοίκηση της ναυτιλιακής εταιρείας προβλέπει την αγορά 1,500,000 γαλονιών καυσίμων για την κάλυψη των αναγκών της μέχρι τον μήνα Οκτώβριο του ίδιου έτους. Η τιμή μετρητοίς των καυσίμων είναι <b>\$0.67</b>.</p>	<p>Η εταιρεία προμηθεύεται 1,500,000 γαλόνια καυσίμου με τιμή \$0.67 ανα γαλόνι. Το συνολικό κόστος ανέρχεται στα <b>\$1.005.000</b>.</p> <p><b>Καθαρή Τιμή Αγοράς</b></p> <p><u>Με Αντιστάθμιση:</u> \$1,005,000– 40,000x37x0.08 = <b>\$886,600</b></p> <p><u>Χωρίς Αντιστάθμιση:</u> <b>\$1,005,000</b></p>	<p>Η εταιρεία προμηθεύεται \$1,500,000 γαλόνια καυσίμου από την αγορά μετρητοίς για <b>\$0,60</b> ανά γαλόνι με κόστος <b>\$900,000</b>.</p> <p><b>Καθαρή Τιμή Αγοράς</b></p> <p><u>Με Αντιστάθμιση:</u> \$900,000+ +40,000x37x\$0.11= <b>\$1,062,800</b></p> <p><u>Χωρίς Αντιστάθμιση:</u> <b>\$900,000</b></p>
<p align="center"><b>Αγορά ΣΜΕ</b></p> <p>Η διοίκηση αποφασίζει να αγοράσει 37 ΣΜΕ πετρελαίου προς <b>\$0.70</b> για τον μήνα Οκτώβριο.</p>	<p>Η εταιρεία αποφασίζει να πουλήσει τα 37 ΣΜΕ πετρελαίου για τον Οκτώβριο στην τιμή: <b>\$0.78</b> ανά γαλόνι.</p> <p><b>Καθαρή Τιμή Αγοράς</b></p> <p><u>Με Αντιστάθμιση:</u> <b>Προθεσμιακό Κέρδος:</b> 40,000x37x0.08 = <b>\$118,400</b></p> <p><u>Χωρίς Αντιστάθμιση:</u> <b>\$1,005,000</b></p>	<p>Πώληση των 37 ΣΜΕ Οκτωβρίου πετρελαίου στην τιμή των <b>\$0.59</b> ανά γαλόνι.</p> <p><b>Καθαρή Τιμή Αγοράς</b></p> <p><u>Με Αντιστάθμιση:</u> 40,000x37x\$0.11 = <b>\$162,800(Ζημία)</b></p> <p><u>Χωρίς Αντιστάθμιση:</u> <b>\$900,000</b></p>

Πίνακας 6.5: Αντιστάθμιση ΣΜΕ σε ναυτιλιακή εταιρεία

Με βάση τις τιμές της Καθαρής Τιμής Αγοράς (ΚΤΑ) για κάθε περίπτωση, συμπεραίνουμε ότι η αντιστάθμιση συμφέρει στην περίπτωση της ανόδου των τιμών, ενώ δε συμφέρει στην αντίστοιχη της πτώσης τιμών.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης αντιστάθμισης είναι η εκ των προτέρων γνώση του αποτελέσματος της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του κινδύνου στον οποίο εκτίθεται η θέση του αντισταθμιστή. Αν εξαιρέσουμε την αβεβαιότητα που υπάρχει ως προς τη μεταβολή της βάσης, η μεταβολή κατά μία μονάδα στην τιμή του υποκειμένου έχει παρόμοια επίδραση στη μεταβολή της τιμής του ΣΜΕ. Ειδικότερα, για ΣΜΕ που έχουν μικρή διάρκεια, η μεταβολή των τιμών μετρητοίς και των τιμών ΣΜΕ είναι παράλληλη και ισοτιμη.

#### **6.4 Πρακτική εφαρμογή αντιστάθμισης στην αγορά φυσικού αερίου με χρήση δικαιωμάτων προαίρεσης**

Θα μελετήσουμε την εφαρμογή αντιστάθμισης με δικαιώματα προαίρεσης στην οποία αποφασίζει να προχωρήσει ένας παραγωγός φυσικού αερίου. Ο παραγωγός θεωρεί ότι παρά την μεταβλητότητα της τιμής του φυσικού αερίου, η τιμή του δε θα αυξηθεί καθόλη τη διάρκεια του χρόνου. Έτσι, αποφασίζει να αντισταθμίσει τη θέση του έναντι της αγοράς αγοράζοντας ένα δικαίωμα πώλησης στα \$1.90, καθώς για χαμηλότερη τιμή από τα \$1.80 πιθανώς να έχει προβλήματα με τις ταμειακές ροές.

Συνεπώς, με τη χρήση των δικαιωμάτων προαίρεσης ο παραγωγός θα δαπανήσει λιγότερα χρήματα και ταυτόχρονα θα έχει προστασία έναντι της πιθανότητας μείωσης τιμών στο φυσικό αέριο. Προκειμένου όμως να γίνει σωστή μελέτη της εφαρμογής, θα πρέπει να μελετήσουμε δύο περιπτώσεις: (1) αυτή όπου το δικαίωμα πώλησης είναι “at the money”, δηλαδή η τιμή εξάσκησης του δικαιώματος είναι ίση με την προθεσμιακή τιμή του υποκειμένου μέσου και (2) αυτή όπου το δικαίωμα πώλησης είναι out of the money, δηλαδή η τιμή

εξάσκησης του δικαιώματος είναι μικρότερη από την αξία του υποκείμενου μέσου. Για αυτές τις δύο περιπτώσεις έχουμε μελετήσει και το νεκρό σημείο, δηλαδή εκείνο το ποσό όπου ο παραγωγός θα μπορεί να καλύψει όλα του τα έξοδα, είτε μεταβλητά, είτε σταθερά, χωρίς καμία ζημία ή κέρδος. Συνοπτικά:

Τιμή δικαιωμάτων	At the money ασφάλιστρο	Out of the money ασφάλιστρο	Νεκρό σημείο at the money	Νεκρό σημείο out of the money	Νεκρό σημείο μεταξύ των δυο
\$2.10	\$0.10	\$0.05	\$2.10 - \$0.10 = \$2.00	\$1.90 - \$0.05 = \$1.85	\$2.10 - \$(0.10-0.05) = \$2.05

Πίνακας 6.6: Στοιχεία αντιστάθμισης με δικαιώματα

Με βάση τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνουμε ότι out of the money put option είναι πολύ πιο συμφέρον από το αντίστοιχο at the money. Επιπλέον, βλέπουμε ότι στην περίπτωση των δικαιωμάτων προαίρεσης, σημαντικό ρόλο παίζει το κόστος των εργαλείων, κάτι που δεν συμβαίνει στην περίπτωση των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης.

Στην περίπτωση όπου ο παραγωγός θελήσει να μεγιστοποιήσει το κέρδος του, μπορεί να αγοράσει ένα δικαίωμα αγοράς, το οποίο αντισταθμίζεται από την πώληση ενός δικαιώματος πώλησης και το αντίστροφο. Η στρατηγική αυτή είναι ιδιαίτερα γνωστή και ονομάζεται collar strategy. Συμφέρει στις περιπτώσεις έντονης μεταβλητότητας των αγορών, όταν ο παραγωγός θέλει να είναι σίγουρος ότι θα διατηρήσει τα κέρδη του πάνω από ένα καθορισμένο όριο.

Επομένως, συμπεραίνουμε ότι τα διακαιώματα προαίρεσης είναι ικανά να αντισταθμίσουν τον κίνδυνο σε μια εξαιρετικά ευμετάβλητη αγορά, όπως είναι αυτή του φυσικού αερίου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- C. Smithson, C. Smith. *Managing Financial Risk: A Guide to Derivative Products, Financial Engineering, and Value Approximation*. McGraw Hill, New York, 1998.

## Κεφάλαιο 7

### Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική έχει ως κύριο στόχο να τονίσει τη σημασία των παραγώγων ενέργειας ως μέσα για τη διαχείριση κινδύνων και να επικεντρωθεί στους κινδύνους του κλάδου της ενέργειας, οι οποίοι προκαλούνται κυρίως από τις διακυμάνσεις των τιμών των βασικών εμπορευμάτων.

Από την πρώτη στιγμή δημιουργίας των ενεργειακών παραγώγων, σκοπός ήταν να μετριαστεί ή ακόμη και να εξουδετερωθεί ο κίνδυνος από τη μεταβολή των τιμών στο μέλλον ή/και από την επιθυμία εξασφάλισης της αγοράς ενός προϊόντος. Έτσι οι παραγωγοί μέσω των παραγώγων εξασφαλίζουν την πώληση των προϊόντων τους σε σταθερή τιμή που συμφωνούν εκ των προτέρων, προστατευόμενοι από τον κίνδυνο μεταβολής της τιμής αργότερα. Με παρόμοιο τρόπο μπορεί να προστατευτεί η έκθεση στον κίνδυνο από την κύρια δραστηριότητα που αναλαμβάνουν οι πάσης φύσεως παραγωγικές μονάδες, έμποροι προϊόντων, εξαγωγείς και εισαγωγείς. Η μετακύλιση του κινδύνου μέσω των παραγώγων αξιόγραφων σε κάποιον άλλο συναλλασσόμενο μπορεί να γίνει είτε επειδή υπάρχουν ταυτόχρονα συναλλασσόμενοι με ακριβώς αντίθετη θέση για ένα συγκεκριμένο αγαθό ή τίτλο, είτε επειδή υπάρχουν κερδοσκοποί οι οποίοι προσφέρονται να αναλάβουν τους εκάστοτε κινδύνους με την προσδοκία επίτευξης κέρδους. Και στις δύο περιπτώσεις επιτυγχάνεται η μείωση και η διασπορά του κινδύνου για τους συναλλασσόμενους αλλά και για το σύνολο της οικονομίας. Η ύπαρξη ρευστής αγοράς ενεργειακών παραγώγων επιτρέπει την ανεύρεση και διαμόρφωση των τιμών που αναμένεται να επικρατήσουν στο μέλλον. Οι αγορές εμπορευμάτων αποβλέπουν στη διαμόρφωση τιμών σήμερα καθόσον η συναλλαγή απαιτεί την πληρωμή μετρητοίς με αντάλλαγμα την άμεση παράδοση του προϊόντος. Οι αγορές ενεργειακών παραγώγων, όμως, επιφέρουν μια νέα διάσταση στις συναλλαγές καθόσον αναφέρονται στην παράδοση των υποκειμένων αγαθών ή τίτλων σε συγκεκριμένη στιγμή στο

μέλλον με αντίστοιχη καταβολή του ήδη συμφωνημένου ποσού. Ως εκ τούτου για να πραγματοποιηθεί η συναλλαγή, η τιμή που διαμορφώνεται σήμερα θα πρέπει να αναφέρεται στις συνθήκες προσφοράς και ζήτησης στη μελλοντική αυτή στιγμή. Μια τέτοια δυνατότητα επιτρέπει στους οικονομικούς παράγοντες (οικονομικές μονάδες, οικονομικό επιτελείο της κυβέρνησης, αναλυτές, οικονομικοί σύμβουλοι) να προγραμματίσουν καλύτερα και να αναλάβουν οικονομικές αποφάσεις που αφορούν τη μελλοντική παραγωγή και δραστηριότητα.

Με τα ενεργειακά παράγωγα διαμορφώνονται οι συνθήκες για την ανάληψη επενδύσεων σήμερα στο βαθμό που προσφέρονται αξιόπιστες εκτιμήσεις για τις τιμές που θα επικρατήσουν στο μέλλον σε μια σειρά από μεταβλητές του άμεσου ενδιαφέροντος όπως επιτόκια, τιμές πρώτων υλών, ισοτιμίες νομισμάτων, χρηματιστηριακές αξίες. Στο βαθμό που τα στοιχεία κόστους όπως προσδιορίζονται από τις σημερινές τιμές που παρατηρούνται για το μέλλον επιτρέπουν τη δημιουργία κερδών, η ανάληψη νέων δραστηριοτήτων θα οδηγήσει στο σχηματισμό κεφαλαίου, γεγονός που θα ωφελήσει όλο το κοινωνικό σύνολο.

Μια άλλη ωφέλεια που προκύπτει από τις ρευστές αγορές ενεργειακών παραγώγων είναι αυτή του ελάχιστου κόστους συναλλαγών. Η ύπαρξη ικανού αριθμού συναλλασσομένων δημιουργεί συνθήκες ρευστότητας στην αγορά που με τη σειρά της οδηγεί σε μικρά κόστη συναλλαγών ανά μονάδα του υποκειμένου εμπορεύματος. Το μικρό κόστος συναλλαγών κάνει προσιτή τη χρήση των παραγώγων αγορών από τους φυσικούς τους χρήστες με αποτέλεσμα την καλύτερη διασπορά και διαχείριση του κινδύνου στο επίπεδο της οικονομίας. Επιπλέον, η ύπαρξη της προθεσμιακής αγοράς ενέργειας μειώνει το κόστος παραγωγής και βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των παραγωγικών μονάδων. Έτσι, ένα διυλιστήριο που επιθυμεί να κλειδώσει την τιμή των πρώτων υλών για τους επόμενους 6 μήνες δεν απαιτείται να έχει τους αποθηκευτικούς χώρους για τις ανάγκες της διύλισης αργού πετρελαίου 6 μηνών. Το κλειδώμα της τιμής του αργού πετρελαίου μπορεί να επιτευχθεί αγοράζοντας συμβόλαια ΣΜΕ που καλύπτουν σταδιακά τις ανάγκες διύλισης (π.χ., για κάθε ένα μήνα) και φροντίζοντας για την παράδοση του αργού πετρελαίου ανά τακτά χρονικά

διαστήματα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η κατασκευή μεγαλύτερων αποθηκευτικών χώρων που θα επιβάρυνε το κόστος λειτουργίας του διυλιστηρίου ενώ αξιοποιούνται κατά το μέγιστο οι υπάρχοντες αποθηκευτικοί χώροι, γεγονός που αυξάνει την αποτελεσματικότητα του διυλιστηρίου. Πάντως, σε κάθε περίπτωση επιτυγχάνεται η βασική επιδίωξη του φυσικού αντισταθμιστή να ελέγξει το κόστος των πρώτων υλών και να διαχειριστεί τους κινδύνους που απορρέουν από τις μεταβολές των τιμών τους. Οι ενέργειες αυτές προσφέρουν κοινωνική ωφέλεια, οι πόροι που διατίθενται αξιοποιούνται με τον καλύτερο τρόπο, ενώ παραμένουν περισσότεροι διαθέσιμοι πόροι για άλλες παραγωγικές δραστηριότητες. Κλείνοντας, αυτό που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι μία από τις βασικές επιπτώσεις από τη δημιουργία αγοράς παραγώγων είναι ο επηρεασμός της μεταβλητότητας των τιμών των υποκειμένων τίτλων. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα στην ξένη βιβλιογραφία όπου οι τιμές των υποκειμένων αγαθών ή τίτλων σημείωσαν κάμψη μετά την εισαγωγή των παραγώγων. Το εύρημα αυτό δεν είναι καθολικό καθώς υπάρχουν και κάποιες αντικρουόμενες απόψεις για αύξηση της μεταβλητότητας στις αγορές μετρητοίς μετά την εισαγωγή των παραγώγων. Σε κάθε περίπτωση όμως, είναι γεγονός ότι η εισαγωγή των παραγώγων αυξάνει την εμπορευσιμότητα των τίτλων και αγαθών προσφέροντας ευρύτερα οφέλη ρευστότητας και καλύτερης τιμολόγησης στις αγορές μετρητοίς. Η μείωση του κινδύνου στις αγορές μετρητοίς προκύπτει και από το γεγονός ότι τα παράγωγα έχουν σταθεροποιητικό ρόλο στην οικονομία. Π.χ., οι συμμετέχοντες στις χρηματοπιστωτικές αγορές, μεταξύ των οποίων και οι τράπεζες, μπορούν να περιορίσουν τους κινδύνους τους και με τον τρόπο αυτό να μειώσουν τις επιπτώσεις μιας ύφεσης στην οικονομία.

Τέλος, οι περιπτώσεις αντιστάθμισης κινδύνου που προτείνονται στη συγκεκριμένη διπλωματική επιβεβαίωσαν την προσδοκία ότι τα ενεργειακά παράγωγα, μπορούν να παρέχουν τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, πάντα όμως με την προϋπόθεση ότι θα εφαρμοστούν με σωστό τρόπο. Στην πραγματικότητα, έχουν ασκηθεί ορισμένες κριτικές υποστηρίζοντας, σε πολλές περιπτώσεις, ότι τα παράγωγα έχουν συμβάλει στην αύξηση της έκθεσης, αντί της μείωσης του



κινδύνου. Παρ' όλα αυτά, οι περιπτώσεις αυτές δεν θα πρέπει να παρεκκλίνουν την προσοχή από τα θετικά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από αντιστάθμιση μέσω των ενεργειακών παραγωγών. Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε αυτή την εργασία, καταλήξαμε στο ότι υπάρχουν τρόποι για να υιοθετηθούν με σωστό τρόπο τα ενεργειακά παράγωγα, σε συνάρτηση με τον έλεγχο της έκθεσης στον κίνδυνο της αγοράς, όπως για παράδειγμα η προσομοίωση Μόντε Κάρλο. Επιπλέον, παρά τις πολύπλοκες στρατηγικές παραγωγών, οι πιο απλές φαίνεται ότι λειτουργούν πιο αποτελεσματικά στον τομέα της ενέργειας.

## 7.1 Προοπτικές

Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι η απελευθέρωση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αλλά και στην Ευρώπη γενικότερα εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς. Η Ευρωπαϊκή Ένωση και συγκεκριμένα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και η Επιτροπή Ανταγωνισμού, η οποία ασχολείται με θέματα ανταγωνισμού που αφορούν τις αγορές της Ευρώπης πρέπει να λάβουν μέτρα για την άρση των μονοπωλίων και την καθιέρωση του ελεύθερου ανταγωνισμού στις ευρωπαϊκές χώρες. Με τους κατάλληλους χειρισμούς είναι εφικτή η απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς στην Ευρώπη.

Ένα πολύ θετικό βήμα στην απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας είναι η δημιουργία του χρηματιστηρίου ενέργειας που αναμένεται να λειτουργήσει το έτος 2017. Το Χρηματιστήριο Αθηνών έχει δρομολογήσει τη δημιουργία χρηματιστηρίου παραγωγών ενέργειας και τη λειτουργία χρηματιστηρίου ενεργειακών commodities. Οι δύο αρμόδιοι φορείς (το ΛΑΓΗΕ και το Χ.Α.) συμφώνησαν σε πρόταση δημιουργίας από κοινού μιας νέας εταιρείας, την οποία υπέβαλλαν στην πολιτική ηγεσία του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Το ΥΠΕΚΑ έδωσε το πράσινο φως για να προχωρήσει η διαδικασία, η οποία τώρα μελετάται όσον αφορά τις θεσμικές και άλλες αλλαγές που απαιτεί. Για τον ακριβή τρόπο λειτουργίας της νέας εταιρείας θα καταρτισθεί Business Plan.

Η λήψη μέτρων από την πλευρά της κυβέρνησης μπορεί να οδηγήσει σε άρση των μονοπωλίων και καθιέρωση του ανταγωνισμού. Υπάρχουν δύο τρόποι για να μειωθεί το μερίδιο της αγοράς που κατέχει η δεσπόζουσα επιχείρηση σε μία χώρα: Ο ένας αφορά την πώληση, μέσω διαγωνισμών, ενός μέρους των περιουσιακών στοιχείων (μονάδες ηλεκτροπαραγωγής) της μονοπωλιακής επιχείρησης σε άλλες ανταγωνιστικές επιχειρήσεις. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η παραγωγική δυναμικότητα της μονοπωλιακής επιχείρησης και εισέρχονται νέοι “παίκτες” στην αγορά, ικανοποιώντας τους όρους περί ανταγωνισμού που επιθυμεί η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ο δεύτερος τρόπος διάσπασης του μεριδίου της μονοπωλιακής επιχείρησης είναι μέσω της ανάθεσης σε νέους παραγωγούς της κατασκευής και λειτουργίας της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος των επόμενων χρόνων, αποκλείοντας την μονοπωλιακή επιχείρηση. Πρόκειται για μέτρο περισσότερο χρονοβόρο σε σύγκριση με την πρώτη λύση, καθώς η κατασκευή μονάδων ηλεκτροπαραγωγής ικανών να φέρουν τον ανταγωνισμό σε μία αγορά απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα. Τέλος, ο τομέας της παραγωγής θα πρέπει να κατατμηθεί σε αριθμό βιώσιμων εταιρειών σε περιφερειακή κλίμακα και των οποίων το μέγεθος να επιτρέπει την ανάπτυξη υγιούς ανταγωνισμού. Σε μία τέτοια προοπτική οι νέες εταιρείες που μπορούν αν αντιστοιχούν στα υφιστάμενα ενεργειακά κέντρα θα μπορούν να αντλήσουν κεφάλαια από την ελληνική και ξένη κεφαλαιαγορά.